

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ

**Материалы 16-й Международной
научно-технической конференции
(71-й научно-технической конференции
профессорско-преподавательского состава,
научных работников, докторантов
и аспирантов БНТУ)**

В 4 томах

Том 3

**Минск
БНТУ
2018**

УДК 001:[37+658+338](063)

ББК 72я431

Н34

Редакционная коллегия:

С. В. Харитончик – д-р техн. наук;

А. М. Маляревич – чл.-кор. НАН Беларуси, д-р физ.-мат. наук;

А. С. Калиниченко – д-р техн. наук

В сборнике представлены материалы 16-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (71-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ), тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

ISBN 978-985-583-333-9 (Т. 3)

ISBN 978-985-583-330-8

© Белорусский национальный
технический университет, 2018

Технические и прикладные науки

Проектирование дорог

УДК 625.7

Применение техногенных отходов в качестве сырья для тепло- и звукоизоляционных материалов

Шохалевич Т. М.

Белорусский национальный технический университет

Постоянное накопление техногенных и твердых бытовых отходов в Республике Беларусь является большой проблемой и имеет особенную актуальность. Для этого был проведен сравнительный анализ в данной области, в ходе чего ставится задача о возможности применения доступных, дешевых материалов, таких как – стеклобой и отсева дробления.

Рассматривая пеностекло, известный материал с 30-х годов прошлого века, разработанный в СССР, приходим к выводу, что производство при стандартной технологии требует больших энергозатрат на плавление стеклобоя, получения гранул, а затем повторного спекания.

Во всех известных технологиях переработки смешанных отходов стекла используют тонкие и сверхтонкие порошки, получаемые при сухом помоле продуктов дробления (стеклобоя). Предлагается использовать их в качестве основного компонента при производстве пеностекла. (обжигом с газообразователем при температуре от 630 до 850 °С.

При тонком измельчении частиц материала горных пород, продуктов и техногенных отходов их переработки, происходит механическая активация порошковых частиц за счет увеличения их общей и реактивной поверхности, а также за счет увеличения числа активных дефектов, которые способны вступать в твердофазные химические взаимодействия. Механохимическая активация может также способствовать снижению температуры начала процессов спекания и твердофазного химического взаимодействия частиц в шихте.

Предлагается возможность изучения приготовления пеностекла на основе сырья из отсева дробления гранитного щебня и мелких фракций стеклобоя, таким образом обеспечивая увеличение контактной поверхности шихты, а также обеспечение утилизации больших объемов отходов и стабилизации экологической ситуации в стране.

Появляется возможность использования полученного, именно дешевого материала, обладающего хорошими физическими свойствами в условиях круглогодичного использования при воздействии погодно-климатических факторов, в качестве звукоизоляционного материала при устройстве шумозащитных сооружений на дорогах Республики Беларусь, проходящих вблизи населенных пунктов.

Работа выполнена в соавторстве с Бондаренко С. Н.

Международная практика обеспечения безопасности движения

Мордас М.С.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире, все более объединяемом общими глобальными проблемами, одна из которых – дорожная аварийность - самым рациональным направлением повышения безопасности дорожного движения является:

- использование международного опыта;
- объединение усилий для решения общих транспортных задач.

Факторы, определяющие вероятность ДТП, связанные с человеком, транспортным средством и дорожной инфраструктурой - элементы единой дорожно-транспортной системы. Изучение систем требует применения системного подхода. Цель системного подхода - выявить все связи в системе и свести их в единую теоретическую картину, которая позволит предупреждать возникновение ДТП, что является главной профессиональной задачей дорожной отрасли. Правильность курса разделенной ответственности подтверждается практикой стран-лидеров в области безопасности дорожных сетей. По данным IRTAD самые безопасные дорожные сети в мире имеют Северные страны, лидером среди которых является Швеция. Шведский Парламент объявил о долгосрочном проекте с целью - полностью исключить случаи со смертельным исходом и получением тяжелых увечий в результате ДТП. В основу Концепции были положены выводы:

- безопасность движения зависит не от пользователей дорожно-транспортной системы, а от тех, кто ее создает и обеспечивает ее функционирование;

- создание безопасной дорожно-транспортной системы начинается с изменения ответственности за качество (безопасность) пользования ею.

Согласно Концепции, дорожно-транспортная система рассматривается как целое, компоненты которого – дороги и окружение, транспортные средства и участники дорожного движения – взаимодействуют друг с другом. Сбой в этом взаимодействии приводит к ДТП.

Основная ответственность за ДТП была возложена на дорожную отрасль, производителей транспортных средств, перевозчиков, политиков, законодателей и дорожную полицию. Концепция принимает, что человеку свойственно совершать ошибки, которые могут привести к ДТП. Практика доказала, что Концепция работает. Идею идеальной безопасности дорог оценили Финляндия и Норвегия, где Концепция уже получила распространение.

Соответствие проектных характеристик дороги характеру движения

Мордас М. С.

Белорусский национальный технический университет

На автомобильной дороге не должно быть неожиданностей, плавная последовательность логично сопряженных элементов плана и профиля дороги - средство обеспечить безопасное движение посредством зрительного ориентирования водителей. Это качество дороги можно определить как «психологическая видимость», когда водитель получает представление об условиях движения для уверенного и безопасного управления автомобилем. Самое эффективное зрительное ориентирование водителя обеспечивается при задействовании всех элементов трехмерного пространства дороги: горизонтальной и вертикальной разметки, элементов обустройства дороги, откосов выемок, насаждений.

В этом случае, опорные точки создают пространственный коридор, направление и характеристики которого понятны водителю даже за пределами физической видимости. Нарушения принципов зрительного ориентирования водителей, допущенные при проектировании, строительстве или содержании дорог, вызывают появление потенциально опасных участков на сети дорог.

Дорога также может сама заблаговременно предупреждать водителя об опасном участке средствами прерывания визуальной или акустической плавности (при помощи изменения типа покрытия перед перекрестком, изменяющего звук контакта покрышки и покрытия; изменения цветности наружного освещения вблизи остановки общественного транспорта; изменения типа придорожных насаждений). Такие приемы воздействуют на водителей сильнее и регулируют их поведение результативнее, чем дорожные знаки.

Рациональное сочетание всех способов психологического воздействия на участников дорожного движения должно быть определено на стадии проектирования и включено в проект.

Соблюдение принципов ландшафтного проектирования дороги обеспечивает состояние удовольствия и комфорта для водителей:

- от психологической уверенности, создаваемой гармоничной последовательностью соразмерных элементов дороги;
- от плавного движения по дороге, красиво проложенной в живописной местности;
- от смены впечатлений и положительных эмоций, предупреждающих появление таких опасных состояний водителя как: усталость, утомление, монотонное состояние.

Армирование слабых оснований

Шишко Н. И.

Белорусский национальный технический университет

При проектировании земляного полотна автомобильных дорог зачастую приходится сталкиваться со сложными геолого-гидрологическими условиями местности, которые не позволяют применять типовые проектные решения конструкции.

Проектирование дорожной конструкции на слабых основаниях имеет два принципиально разных подхода: использование слабой толщи в качестве основания под насыпь и удаление слабых грунтов с заменой их на привозной грунт или устройство эстакад. Обоснованное решение по применению того или иного подхода принимается на основании технико-экономических расчетов и обоснований, учитывающих ряд факторов.

Оправданным является подход к максимальному использованию слабых грунтов в качестве основания насыпи, так как это существенно сокращает стоимость производства работ и сроки строительства. Также имеет место сниженный уровень вреда для окружающей среды в процессе строительства.

Для повышения несущей способности слабых грунтов широко применяется метод армирования геокompозитами и геотканями.

Геокompозиты представляют собой геотекстильные материалы, состоящие из двух компонентов: полиэфирной синтетической сетки и нетканной подложки. Наиболее применим данный тип материалов для армирования водонасыщенных грунтов, так как полиэфирная геосетка выполняет функцию армирования, а нетканая подложка – дренирования и фильтрации.

Геоткани нашли наибольшее применение для армирования грунтов с низкой несущей способностью, а также в гидротехническом строительстве. Данный материал, получаемый ткацким способом из высокомодульных полиэстеровых нитей, имеет достаточно высокую прочность на разрыв при незначительных удлинениях.

Большим преимуществом при использовании геосинтетических армирующих материалов является низкая трудоемкость производства работ. Нет необходимости закупки специализированного оборудования или строительной техники для устройства армирующих прослоек. Особого внимания требует тот факт, что физико-механические характеристики материалов по требованию заказчика могут быть изменены.

**Альтернативные схемы планировочных решений съездов
транспортных развязок**

Шишко Н. И.

Белорусский национальный технический университет

При проектировании транспортных развязок наиболее сложными элементами для выбора планировочных решений являются зоны соединительных съездов, во многом определяющие уровень безопасности и удобства движения на транспортной развязке.

Практика проектирования геометрии соединительных съездов базируется на применении нескольких типов устройства: клиновидная, криволинейная и с переходной-скоростной полосой.

Клиновидный тип устройства подразумевает устройство линейной зоны ответвления (отгона уширения) с последующим сопряжением с переходной кривой на соединительном ответвлении. Криволинейное сопряжение состоит из криволинейного отгона уширения и сопряжения его с последующей переходной кривой.

Опыт эксплуатации многочисленных транспортных развязок показал, что съезды с клиновидной и криволинейной формой ответвления полосы соединительного ответвления имеют существенные недостатки: необходимость резкого снижения скорости движения для осуществления маневра перестроения на соединительное ответвление в пределах основной транзитной полосы движения, а также снижение безопасности движения при вливании транспортного средства в основной поток при выезде с соединительного ответвления. Обусловливается это нехваткой длины зоны слияния или разветвления транспортных потоков в зоне съездов.

Планировочное решение с применением переходно-скоростных полос для безопасного маневрирования в зонах слияния и разветвления транспортных потоков существенно повышает безопасность движения за счет возможности своевременного снижения скорости движения вне транзитных полос автомобильной дороги.

Так как участки съездов транспортных развязок являются наиболее аварийно-опасными участками, то необходимо наиболее обоснованно подходить к выбору того или иного планировочного решения и его геометрических параметров. В частности, к углу примыкания соединительного ответвления, под которым понимают угол, образуемый касательной к переходной кривой в сечении разделения кромок проезжих частей с основной дорогой.

Специальные программные продукты в области подбора состава, конструирования и расче та дорожных одежд

Гатальский Р. К.

Белорусский национальный технический университет

Проанализируем существующие системы САПР. Акцент делаем на системы, которыми пользуются в странах СНГ, но также обратим внимание на зарубежные программные продукты.

Для выбора системы, в которой будет работать специалист или группа специалистов (отдел, отделы), необходимо учитывать ряд аспектов при использовании и приобретении:

– Распространенность на данной территории (параметр очень важен, так как легче подобрать, или обучить специалистов, взаимодействовать между подразделениями);

– Техническая поддержка на вашей территории (области, городе);

– Сложность самой системы в изучении и работе (необходимо понимать, что каждый раз нужно повышать квалификацию и обучение сотрудников);

– Полнота разделов программ (для линейных объектов существуют различные виды работы с проектированием дорог, расчетами дорожных одежд, получения топоплана и систем высот и многое другое). Многие разработчики делают акцент на один продукт (молодые и новые программные продукты), тогда необходимо обращать внимание на взаимодействия с основными существующими продуктами;

– Частота выхода новых версий, стоимость пакетов с программными комплексами, их защита (чем больше обновлений, тем лучше), и др.

В странах СНГ используют программные комплексы таких разработчиков как: Kredo-Dialog, Autodesk AutoCAD Civil 3D (GeoniCS, «AutoCAD Дороги CS»), ТопоматикRobur, IndorCAD, Bentley PowerCivil, – эти системы обладают всеми разделами для проектирования и расчёта линейных сооружений. Встречаются, практически все, на территории России, Казахстана, в Беларуси работают в Kredo-Dialog, Autodesk AutoCAD. Дополнительные: САПРОТОН, КОМПАС-3D, RDO/RDO2, Sanet Soft «AcТон»

Зарубежные, могут встречаться и в СНГ: Transoft Solutions AutoTURN, MicroSurvey inCAD, DynaRoad, Carlson, CSS Advanced Road Design, Leica LISCAD, MicroSurvey CAD, CSI Bridge, Anadelta Tessera, Sivan Design CivilCAD, ArcGIS, Leonardo XE, Buhodra Ingegneria ISTRAM ISPOL , DIGICORP Ingegneria Civil Design, Tools S.A. CLIP.

Гатальский Р. К.

Белорусский национальный технический университет

В существующее время для людей с ограниченными возможностями в Беларуси, да и в странах СНГ, есть много вопросов связанных с благоустройством дорог, дорожной среды, площадок отдыха, парковок, стоянок и всей дорожной инфраструктуры в целом, объектов придорожного сервиса.

В 21 веке, стоит вести речь уже не о появлении, а об улучшении, инновационного подхода при воплощении сооружения в действительность. Беларусь отстаёт от других стран в этом аспекте. Для дорожного хозяйства в целом необходимо разработать технические правовые акты и рекомендации, которые необходимо строго соблюдать при проектировании и строительстве. К сожалению, в странах СНГ зачастую ограничиваются только рекомендационными действиями, которые выполняются на усмотрение заказчика. Исследований проведено уже много, созданы рекомендации, необходимо чтобы они обязательно включались в этапы нового строительства, также остро стоит вопрос, о включении рекомендаций при реконструкции и капитальном ремонте.

В зарубежных странах (в основном развитых) очень строго соблюдают эти нормы. Более подробно остановимся на моментах, которые следует закладывать при проектировании линейных сооружений и объектов благоустройства, сервиса:

- Продольные и поперечные уклоны на тротуарах;
- Заниженные тротуары на пешеходных переходах, правильная ширина, места расположения водоприёмных колодцев;
- Звуковая сигнализация светофоров, зрительное сопровождение слабовидящих яркой разметкой, тактильные новшества для чтения слепых;
- Яркая и правильная разметка стоянок и парковок, продуманное расположение их в инфраструктуре исходя из особенностей (примеры: Южная Корея, Япония);
- Установка пандусов, лифтов при закрытых стоянках, паркингах, рамп, въездов и выездов из объектов придорожного сервиса, зон отдыха и другие меры.

Также предусмотреть размеры повышенных штрафов за нарушение предусмотренных норм от стадии строительства до эксплуатации и обслуживания.

Влияние качества дорог на стоимость транспортных перевозок

Солодка М. Г.

Белорусский национальный технический университет

Функционирование рациональной транспортной сети является важнейшим условием создания эффективной транспортной системы, и предназначено для обеспечения потребителей социальными благами и получения экономического эффекта в народном хозяйстве, в том числе в виде сокращения транспортных затрат.

Оценка стоимости автомобильных перевозок по дорогам рассмотрена с учетом затрат, возникающих при перевозке грузов по неровным дорогам, из-за снижения скорости движения и затрат, возникающих одновременно из-за ухудшения технического состояния грузовых автомобилей. Данный подход важен для дорожных и транспортных организаций при учете и планировании их работы, при определении экономически выгодных транспортных схем и направлений перевозки грузов, а также подбора транспортных средств.

Автомобильные дороги по своим эксплуатационным качествам должны полностью соответствовать требованиям автомобильного транспорта, поэтому непреднамеренное увеличение скоростей движения автомобилей и их грузоподъемности в значительной мере ускоряют разрушение дорог. Все это приводит к необходимости прогнозирования и надежного диагностирования состояния для своевременного поддержания и возможного повышения качества дорог до приемлемого транспортно-эксплуатационного уровня, обобщенно представляемого показателем их ровности.

Получена математическая зависимость влияния неровности автомобильной дороги на стоимость автомобильных перевозок, включающей дорожную и транспортную составляющие. Показатели отражают различные, качественные стороны технико-эксплуатационного состояния дороги, а вместе они достаточно полно раскрывают качество дорожных условий с позиций комплексного рассмотрения процесса взаимодействия дороги и автомобилей. Итоговой характеристикой состояния дороги служит показатель полной стоимости автомобильных перевозок.

Финансирование ремонта и содержания автомобильных дорог целесообразно увязать со стоимостью автомобильных перевозок. Оно должно основываться на физических закономерностях износа дорожной сети, т.е. учета поэтапного разрушения.

Оптимизация скоростного режима в населенных пунктах Республики Беларусь

Бородич А. А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время большое количество людей гибнет при дорожно-транспортных происшествиях. Данный показатель в Республике Беларусь в последние годы имеет тенденцию к снижению, однако уровень смертности в результате аварий на автомобильных дорогах остается на высоком уровне. Значительная часть ДТП по вине водителей связана с неправильным выбором скорости. Поэтому существует необходимость в определении оптимальных скоростных режимов на республиканских и местных автомобильных дорогах, автомагистралях и в населенных пунктах Республики Беларусь.

В работе проанализирован уровень дорожно-транспортных происшествий в Республике Беларусь за 2007-2017 гг, по областям и г. Минску, с учетом причин их возникновения, участников и тяжести последствий, выявлены наиболее значимые.

Рассмотрены организация дорожного движения и существующие ограничения скоростного режима на автомобильных дорогах в зарубежных странах. Выявлены возможные для внедрения мероприятия по повышению безопасности с учетом их стоимости и возможности реализации в условиях нашей страны.

К современным тенденциям в области управления дорожным движением можно отнести внедрение интеллектуальных транспортных систем, представляющих комплекс устройств и приборов, способных регулировать и управлять транспортными потоками как в населенных пунктах, так и на автомагистралях с целью снижения аварийности, увеличения пропускной способности, улучшения экологических параметров

Определена возможность увеличения пропускной способности улиц населенных пунктов Республики Беларусь при оптимизации скоростного режима, значительного уменьшения смертности на дорогах при столкновении автомобиля и пешехода.

В работе на основании анализа дорожно-транспортных происшествий по причине превышения скорости в странах Европы, Беларуси, России и Украины, законодательной базы этих государств, сделаны выводы и выработаны предложения по внедрению вышеописанных с целью снижения числа погибших и пострадавших в ДТП.

Анализ системы оплаты транспортного налога в Республике Беларусь и пути ее совершенствования

Бородич А. А., Мытько Л. Р.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире транспорт является неотъемлемой частью экономики нашего государства: он необходим как юридическим лицам для ведения своей финансово-хозяйственной деятельности, так и физическим лицам.

В транспортной сети Беларуси, имеющей тесные связи с соседними государствами, важная роль отводится автомобильным дорогам. От состояния и уровня дорог непосредственно зависят валовой национальный продукт страны, уровень цен, доходы государственного бюджета, степень занятости населения, приток инвестиций и другие экономические показатели.

Транспортный налог является основным источником финансирования дорожной отрасли, и от своевременности его поступления напрямую зависят сроки и качество исполнения строительных программ.

Проблематика исследования заключается в определении сложностей и ошибок, возникающих при исчислении транспортного налога, его роли в формировании доходной части бюджета, а также создании дорожного фонда в его рамках.

В процессе работы выполнены следующие исследования:

- статистики дорожно-транспортных происшествий за последние годы в Республике Беларусь;
- механизма сбора транспортного налога;
- систем сбора транспортного налога в зарубежных странах;
- системы оплаты транспортного налога в Республике Беларусь с определением недостатков и преимуществ;
- формирования и использования дорожного фонда с выделением части транспортного налога;
- возможности внесения изменений в существующую систему оплаты транспортного налога с целью ее совершенствования и привлечения к оплате большего количества пользователей автомобильными дорогами.

Основным результатом исследования является обоснование актуальности изменения системы сбора транспортного налога, поиска наиболее возможного варианта повышения эффективности для Республики Беларусь, решение проблем, связанных с выбранным вариантом.

Тендеры как способ сбыта продукции

Шохалевич Т. М.

Белорусский национальный технический университет

Для каждого предприятия важным этапом является выбор формы сбыта своего продукта. Одним из наиболее распространенных методов размещения (выдачи) заказов на поставку товаров и подрядов на выполнение определенных работ является проведение конкурса или тендера (международного торга).

Классификация тендеров: по составу участников (открытые, закрытые, и с ограниченным числом участников); по допустимости изменения тендерных требований (одноэтапные тендеры, в которых переговоры запрещены, и двухэтапные, в которых переговоры допускаются).

Основные этапы, которые проходит предприятие во время участия в тендерах. Сначала нужно получить всю необходимую информацию о торгах из всевозможных источников, начиная от газет и заканчивая интернетом. Далее требуется произвести анализ полученных данных из источников. Следующее - это принятие решения об участии или не участии в тендере. Затем надо пройти квалификационный отбор. Важнейшим этапом в подготовке к тендеру является разработка тендерного предложения и своевременная и правильная подача заявки на участие. Заключительным этапом для компании, участвующей в тендере, является анализ его результатов вне зависимости от исхода.

Одним из основных правил, от выполнения которых зависит, насколько велики будут шансы выиграть тендер, была и остается правильная стратегия работы с организаторами конкурса.

Участи в тендерах, при тщательной подготовке и продуманной тактике, может принести значительную прибыль предприятию. Если в них участвовать редко, на каждое предложение будет уходить много времени, а отдачи может и не быть. Если участвовать постоянно и по возможности стандартизировать тендерные предложения и подготовку к тендерам, на это будет уходить меньше времени, количество сможет перейти в качество.

Пути использования интеллектуальных транспортных систем

Мытько Л. Р.

Белорусский национальный технический университет

Дорожное движение в настоящее время следует рассматривать как одну из самых сложных составляющих социально-экономического развития городов и регионов. В данной области должны использоваться самые современные технологии сбора и обработки информации о параметрах транспортных потоков (плотности, скорости, составе) с целью обеспечения безостановочного движения по улицам и дорогам. В настоящее время ведется разработка и внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) нового поколения, соответствующей современному уровню инновационного развития.

Интеллектуальная транспортная система является передовым приложением, которое стремится предоставлять инновационные услуги, связанные с различными видами транспорта и управления дорожным движением. Позволяет различным пользователям быть более информированными и сделать более безопасным использование транспортных сетей. ИТС объединяет несколько технологий для улучшения потока транспортных средств и повышения безопасности движения.

Интеллектуальные транспортные системы различаются в применяемых технологиях: от базовых систем управления, таких как автомобильная навигация; системы контроля дорожного движения; системы управления контейнерами; знаки переменных сообщений; автоматическое распознавание номерных знаков или камеры скорости для мониторинга приложений, таких как системы видеонаблюдения; и более продвинутым приложениям, которые интегрируют данные в реальном времени и обратную связь из ряда других источников, таких как системы управления парковками и информационные системы; информация о погоде; систем обледенения и тому подобное. Кроме того, разрабатываются прогностические методы, позволяющие осуществлять расширенное моделирование и сопоставление с историческими исходными данными

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) является наиболее экономичным способом улучшения состояния и повышение эффективности транспортной инфраструктуры. Система очень экономична в долгосрочной перспективе, хотя первоначальные инвестиции для принятия технологии могут показаться высокими.

**Строительство
и эксплуатация
автомобильных дорог**

Влияние физико-механических свойств грунтов на конструкцию земляного полотна

Бабаскин Ю. Г.

Белорусский национальный технический университет

В практике дорожного строительства устройство откосов земляного полотна автомобильной дороги часто продиктовано экономическими соображениями, а не анализом физико-механических свойств грунтов. И поэтому, часто возникают деформации грунта на откосах (сдвиги и оползни), что вызвано, в первую очередь, насыщением грунта водой, что переводит его в другую консистенцию, а следовательно, вызывает потерю прочности и устойчивости.

На основании закона Кулона, прочностными характеристиками грунта, определяющими сопротивление грунта сдвигу, являются угол внутреннего трения и сцепление. Как известно, именно угол внутреннего трения является определяющим фактором, на основании которого устанавливается заложение откоса. Кроме того, необходимо учитывать, что при использовании песчаные и супесчаных грунтов, именно коэффициент внутреннего трения является постоянным членом уравнения по определению сопротивляемости грунта сдвигу.

Нормативные документы (ТКП 200-2009) предусматривают заложение откоса на песчаных грунтах равное 1:1,5 и на глинистых 1:1,75, что соответствует углам при основании насыпи $33^{\circ}41'$ и 30° . Показатели песчаных и глинистых грунтов приведены в таблице.

Таблица

Изменение угла внутреннего трения при различной консистенции грунта

Вид грунта	Категория грунта	Угол при основании, φ , градусы	q_c МПа	Ср. значение φ^0 , при станд. уплотнении	Изменение угла внутр. трения, φ^0
Песок		34	3-15	42-31	-
Глинистый	супесь	30	28	40-9	28-14
	суглинок	30	23	32-9	23-10

Изменение угла внутреннего трения при различной консистенции грунта: от полутвердой до текуче пластичной, приведены в табл.1. А текучие консистенции приведет к уменьшению прочности грунта, оцениваемой удельным сопротивлением под конусом зонда – q_c , что и приводит к потере прочности и как результат к возникновению деформаций.

Разработка способа получения и технологии дорожного строительства с применением упрочненного материала

Бабаскин Ю. Г., Батманов К. Ф.

Белорусский национальный технический университет

Для автомобильных дорог с проектной нагрузкой на одиночную ось 11,5 тонн (группа А2) возможно использование смеси оптимального состава с частичным включением доломитового щебня. Исходя из расчета по дробимости доломитового щебня – невозможно его применение в дорожных одеждах группы А3 (нагрузка на одиночную ось 13 тонн). Представлен состав щебеночной смеси оптимального состава ЩОС-6, разработанный лабораторией ДСУ-7 ОАО «ДСТ-1, г. Витебск». ЩОС-6 приготовлена на основе щебня гранитного фракций 40-70 (45%) с включением щебня доломитового фракций 20-40 (34%) и асфальтогранулята, применяемого для нужд строительства (21%). Полное исключение гранитного щебня из смеси невозможно по причине требуемой проектной нагрузки и недостаточной устойчивости к дробимости доломитового щебня.

В качестве опытного участка взят объект капитального ремонта «Автомобильная дорога М-1/Е30 (км 588 – км 598,7). По типу 2 в ровниках уширения применяется конструкция дорожной одежды с применением основания из щебеночной смеси оптимального состава из гранитного щебня ЩОС-6. Исходя из требуемой проектной нагрузки допускается использование доломитового щебня фракций 20-40 в количестве 34% по массе. Асфальтогранулят используется в смеси для нужд строительства от фрезерования существующего покрытия на данном объекте капитального ремонта в количестве 21% по массе.

Согласно протоколу испытания щебеночная смесь оптимального состава соответствует ЩОС-6 согласно требованиям ДМД 02191.2.058-2012 и пригодна для устройства слоя основания по типу 2 дорожной одежды в ровниках уширения.

После устройства опытного участка на обратном направлении ПК5956+89 – ПК5958+07; ПК5979+47 – ПК5980+04 общей площадью $S=367 \text{ м}^2$ осуществлен контроль качества уплотнения верхнего слоя основания из щебеночной смеси ЩОС-6. По окончании устройства данного конструктивного слоя составлен акт освидетельствования скрытых работ. На основании изложенного предлагается устройство верхнего слоя основания из ЩКПг40-1.

**Влияние добавок различной природы на эффективность
измельчения кварцевого песка в центробежно-ударной мельнице**

Бондаренко С. Н., Васильева Е. И., Русак Э. Э.
Белорусский национальный технический университет

Измельчение – процесс, в результате которого преодолеваются силы сцепления в твёрдых материалах; при этом материалы разрушаются образованием новых поверхностей. Мерой измельчения является крупность и удельная поверхность частиц продукта, которая связана со средним размером частиц. Цель проведенного исследования - оценить влияние поверхностно-активных веществ (ПАВ) различной химической природы на свойства кварцевого песка при измельчении в центробежно-ударных мельницах. Силы сцепления, действующие в объёме и на поверхности твёрдых тел существенно отличаются по прочности и направленности. За счёт понижения поверхностной энергии твердого тела при адсорбции поверхностно-активных добавок достигается существенное повышение эффективности помола (эффект Ребиндера). Центробежно-ударная мельница передаёт измельчаемым частицам высокую «дозу» механической энергии и, в присутствии добавок, не только повышается эффективность измельчения, но также изменяется и модифицируется путём закрепления этих добавок поверхность, на которой образуются стабильные наноструктуры. Эти поверхностные образования тормозят процессы агрегирования измельчаемых частиц (т.е. вторичное укрупнения за счёт агрегации), что и позволяет обеспечить более тонкое измельчение. При исследовании оценивалось влияние добавок различной химической природы: полимера типа S-Drill, имеющего в структуре фрагменты органических кислот и добавки, имеющей основную природу – триэтанолamina.

В качестве исходного материала использовался кварцевый песок, имеющий в своём составе 95 % частиц размером от 0,355 мм до 0,125 мм, и эквивалентный диаметр частиц 0,200 мм. Его удельная поверхность S_0 составила 2456 см²/г. Исходный песок после помола без добавок имел следующие свойства: Эквивалентный диаметр частиц 0,031мм, 80% частиц имели размер от 0,063 мм до 0,01мм и меньше, а площадь удельной поверхности S_0 – 4137 см²/г. После помола с добавками кислотного типа эквивалентный диаметр частиц составил 0,032мм, частиц с размером от 0,063 мм до 0,01мм и меньше было 80%, удельная поверхность S_0 составила 4184 см²/г.

Помол с добавками моноэтанолamina оказал наибольшее влияние на свойства измельчаемого песка: эквивалентный диаметр 0,025мм, площадь удельной поверхности S_0 – 5200 см²/г, при этом 80% частиц измельчённого песка имели размер от 0,050 мм до 0,005мм и меньше.

Физико-химические аспекты активации поверхности песка

Бондаренко С. Н., Васильева Е. И., Русак Э. Э.
Белорусский национальный технический университет

Активация минеральных заполнителей при интенсивных механических воздействиях в присутствии адсорбционно-активных сред является одним из действенных способов увеличения прочности сцепления между компонентами дорожных конгломератов. Природный кварцевый песок, который обычно используется в качестве мелкого заполнителя, пригоден как для бетонов любых марок, так и для асфальтобетонных смесей.

Важнейший результат механохимической активации кварцевого песка – повышение реакционной способности за счёт создания на поверхности частиц структурных дефектов, обменных и реакционно-активных центров, которые обладают избыточной свободной энергией. Эти центры генерируются в результате деформаций и накопления внутренних напряжений в процессе интенсивной механической обработки материала: происходит разрыв связей и накопление структурных дефектов - активных центров, часть которых имеет парамагнитную природу. Такие парамагнитные дефекты структуры фиксируются методом ЭПР [1].

Нами была изучена зависимость между ростом удельной поверхности активируемого кварцевого песка, концентрацией фиксируемых методом ЭПР парамагнитных дефектов и влияние этих факторов на формирование прочных контактов в цементобетонном конгломерате. При увеличении концентрации парамагнитных центров происходит увеличение прочности на сжатие до 40% и увеличение коэффициента водостойкости на 35%. Для определения (и сравнения) активности механоактивированного в различных технологических средах кварцевого песка использовали стандартные методики испытания на прочность балочек из цементного раствора при изгибе и сжатии, а также методику определения активности с помощью прибора ИАЦ-04М [2].

Показано, что индикатором активности природного кварцевого песка может быть крупность и удельная поверхность, которая связана со средним размером и эффективным радиусом кварцевых частиц.

Concrete Pavements: A 50 Year Perspective

Dr. Michael E. Ayers, President. Global Pavement Consultants, Inc. USA
Valery A. Nosenko, Regional Manager. Gomaco International Limited. USA

Concrete pavements are the pavement type of choice for heavily trafficked roadways in the United States and elsewhere. This decision is based on outstanding long-term performance and the economic benefits when considered on a life cycle cost basis. In addition to newly constructed roadways, concrete overlays of existing concrete and asphalt pavements have proven to be an effective solution to rehabilitate minimally to significantly distressed pavements.

It is widely accepted that the majority of concrete pavements have far exceeded their anticipated design lives with correspondingly lower maintenance and rehabilitation costs. Design life is generally specified at 20 to 30 years by most agencies (departments of transportation). However, we are not utilizing the full potential of our historical and statistically based knowledge of concrete as it relates to pavement performance. We can and should be specifying 50 year design life in order to realize the full potential of concrete pavements.

Long-life concrete pavements can be constructed as either jointed plain or continuously reinforced pavements. This decision is based in large part on the available funding and an estimate of future maintenance requirements and timing of rehabilitation. Regardless of the selected option, a mechanistic-empirical pavement design methodology should be employed in order to optimize design features and therefore save money.

The design must consider the anticipated truck traffic volume at the time of opening, axle load spectra, traffic growth rate, support and environmental conditions and a variety of additional input parameters depending on the type of structure being designed. The material properties of the existing subgrade soils, the type of base material specified in the design and detailed concrete material properties must be determined or estimated and rigorously controlled during construction.

Highly detailed specifications must be developed reflecting measurable parameters that can be controlled during the construction process. For example, pavement thickness must be controlled and verified as does jointing configuration, dowel bar location and alignment, concrete properties, surface texture, concrete curing and numerous others. A highly detailed and comprehensive quality control/quality assurance plan must be utilized at all levels of project development, from design to construction.

Innovations in design, materials characterization, paving equipment, and overall concrete pavement technology make 50 year concrete pavements

achievable at minimal increased cost over conventional concrete pavements. GOMACO innovations in paving equipment including dowel bar insertion, stringless paving options, real-time smoothness determination and integrated machine control have made highly accurate placement a reality. The properties of the concrete can be dramatically improved through the use of state-of-the-art mix design procedures, high quality cement, aggregates and admixtures, thorough testing and the use of innovative materials such as PAVIX that are used to minimize durability-related issues such as scaling and freeze/thaw damage.

Global Pavement Consultants, Inc. can provide technical assistance on all aspects of developing strategies to move forward with implementing a plan for 50 year new pavements as well as high performance concrete overlays.

УДК 691.223.7

Проблемы строительства цементобетонных дорог в Республике Беларусь

¹Носенко В.А.,² Юшкевич А.В.

¹Корпорация GOMACO (США)

²Минстройархитектуры Республики Беларусь

В настоящее время в РБ большое внимание уделяется строительству автомобильных дорог с цементобетонным покрытием. Мировой опыт показывает, что первоначально строительство цементобетонной дороги может быть на 30% дороже, чем асфальтобетонной - очень многое зависит от доступности и цены на основные материалы: щебень, песок, цемент и битум. В мировой практике срок эксплуатации цементобетонных трасс равен 30-40 годам и, если учитывать именно этот жизненный цикл, то цементобетонные дороги обходятся на 30 % дешевле. Очевидно, такой период службы возможен при надлежащем содержании дороги, в основе которого лежат три требования. Во-первых, уход за швами и замена их раз в 5-10 лет. Во-вторых, своевременное устранение локальных дефектов и трещин в покрытии. И, в-третьих, своевременная замена отдельных фрагментов покрытия с использованием стандартных или быстротвердеющих бетонов. Обычно, других работ цементобетонное покрытие не требует. О долговечности цементобетонных дорог говорит общеизвестный факт, что до сих пор функционирует участок дороги Берлин - Штеттин, с оригинальным покрытием 1936 года. Этому участку автобана уже 80 лет. Достигается такой уровень долговечности только при неуклонном соблюдении всех требований хорошо разработанного проекта, высоком качестве проведения строительных работ, а также при соблюдении предписанных режимов эксплуатации и содержания дороги. Наиболее (ответственными) процессами при бетонных работах в дорож-

ном и аэродромном строительстве являются *укладка, уплотнение и отделка поверхности*. Все эти операции механизированы и должны проводиться в оптимальных режимах. После укладки и уплотнения бетонной смеси, а при устройстве дорожных и аэродромных покрытий после отделки поверхности покрытия, организуют уход за твердеющим бетоном. Это целый комплекс мероприятий, обеспечивающих благоприятные условия твердения уложенной смеси. Мероприятия включают приёмы защиты бетона от испарений влаги и механических повреждений, а также создание температурно-влажностных условий, обеспечивающих нормальное протекание процессов структурообразования в цементобетонном конгломерате. Для предохранения от высыхания бетона дорожных покрытий производят обработку поверхностей пленкообразующими веществами определённого состава на основе органических полимеров.

В рамках проведения государственных программ РБ, при строительстве МКАД 2, Взлётно-Посадочной Полосы 2 Национального аэропорта в г. Минск, был успешно применён технологии и оборудование корпорации GOMACO (США). Современное оборудование и технологические ноу-хау GOMACO позволяют с минимальными затратами и максимальной точностью подготовить основание под укладку верхнего слоя бетона. Для этого использовались высокопроизводительные машины: бетоноукладочный комплекс GOMACO, профилировщик TP9500. Уникальная система автоматизированного армирования швов при устройстве покрытия в один слой (IDBI) позволяет погружать дюбеля и анкера в цементобетонное покрытие без возникновения пустот (защемлённого воздуха) за счёт дополнительного уплотнения после армирования швов. Современные технологии позволяют с минимальными затратами и максимальной точностью подготовить основание под укладку верхнего слоя цементобетона (погрешность при выравнивании основания не более 3мм; при этом за счёт повторного использования экономится профилируемый материал).

Устройство покрытия без «оплывания» краёв является весьма важной для строительства ВПП аэродромов особенностью технологии GOMACO. Конструктивные особенности краёв скользящей опалубки позволяют приподнимать края кромки в верхней части на несколько миллиметров: кромка в этом случае не «заваливается» и не «плывёт». Приподнятые краёв в верхней части позволяет регулировать скорость укладки, чистоту вибрации и осадку конуса, что в свою очередь гарантирует ровный край в 90 градусов вплоть до толщины 635 мм.

Работа выполнена в соавторстве с Бондаренко С. Н.

Лапша В. А.

Белорусский национальный технический университет

Возрастание транспортных нагрузок вызывает значительный рост деформаций и разрушений на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог. В зонах торможения и стоянок транспортных средств верхний слой покрытия испытывает значительные сдвиговые нагрузки. Классические покрытия из асфальтобетона в силу нежесткой структуры не могут сопротивляться упруго-пластическим деформациям.

Для предотвращения пластических деформаций известны различные методы: использование более вязкого битума, полимербитумных вяжущих, геосинтетических материалов, щебеночно-мастичного и литого асфальтобетона, а также дорожного цементобетона.

Успешный опыт усиления асфальтобетонного покрытия цементобетоном стал основанием для дальнейших разработок и исследований в области совместного использования данных смесей.

Асфальтоцементобетон проявляет комбинацию физико-механических свойств асфальтобетона и цементобетона и сочетает в себе упруго-пластические свойства асфальтобетона с жестко-кристаллическими свойствами цементобетона, являясь полужестким покрытием. Каркас из асфальтобетонной смеси с пористостью 25-35 % заполняется высокопрочным раствором на основе песка, цемента и специальных добавок. Особенностью покрытия является производство работ в два этапа.

На первом этапе происходит укладка и уплотнение асфальтобетона, с пористостью не менее 25 %, по традиционной технологии. По своему granulометрическому составу асфальтобетон в большей степени соответствует принятому в дорожном строительстве наименованию «черный щебень», поскольку из состава смеси исключена песчаная составляющая. Вторым этапом является заливка и распределение цементного раствора, имеющего достаточную консистенцию для заполнения всех пор и всего пространства между щебнем.

Устроенное с применением АЦМ покрытие по прочности сопоставимо с цементобетонным, а по величине коэффициента температурного расширения-сжатия близко к асфальтобетонному, что позволяет не проводить специальные мероприятия по устройству швов расширения-сжатия.

Данная технология позволяет на ограниченных по площади участках получить покрытие, способное выдерживать длительное воздействие транспортных нагрузок.

Определение водонепроницаемости цементобетонных образцов

Пахолак Р. А.

Белорусский национальный технический университет

Водонепроницаемость – способность бетона сопротивляться внешнему воздействию воды под определенным давлением.

На показатель водонепроницаемости оказывает влияние большое количество факторов. Данное свойство определяется специфичной капиллярно-пористой структурой материала. В более плотном бетоне содержится минимальное количество пор, поэтому водонепроницаемость в нем выше.

Причинами большого объема пор могут быть недостаточно уплотненный состав, усадка или лишняя вода. Усадка бетонной смеси, и снижение ее объема происходят в процессе высыхания и затвердевания. Высокая интенсивность усадки может произойти от недостаточного армирования и испарения воды под действием факторов окружающей среды.

Высокую водонепроницаемость имеет материал на глиноземистом и высокопрочном цементе. При гидратации эти разновидности присоединяют больше воды и образуют плотный камень.

Водонепроницаемость бетона зависит также от добавок. Сульфаты алюминия и железа повышают степень уплотнения смеси. Высокий показатель непроницаемости пуццоланового портландцемента зависит от наличия пуццолановых добавок и их набухания.

Следующим фактором является возраст искусственного камня. С возрастом повышается количество гидратных новообразований, что приводит к повышению водонепроницаемости.

Марка водонепроницаемости и коэффициент фильтрации определяется в соответствии с ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости». Определение водонепроницаемости производится по методу «мокрое пятно». Для этого требуется специальная установка УВБ-МГ4, имеющая не менее 6 испытательных камер. Подвод воды осуществляется к нижней торцевой части. Проводится визуальное наблюдение за сопротивляемостью воде при увеличении ступеней давления по 0,2 МПа. Испытание проводят до тех пор, пока на верхней торцевой поверхности образца не появятся признаки фильтрации воды в виде капель или мокрого пятна.

Водонепроницаемость каждого образца оценивают максимальным давлением воды, при котором еще не наблюдалось ее просачивание через образец.

Использование гидратной извести-пушонки в дорожном строительстве

Пахолак Р. А.

Белорусский национальный технический университет

Известь - материал, получаемый обжигом карбонатных горных пород (известняков, мела), состоящих, в основном, из СаО и MgO.

Известь - пушонку используют в дорожном строительстве для повышения устойчивости к воздействию воды и отрицательных температур, а также пластических деформаций в летний период. Разработана технология физико-химической активации минеральных материалов известью. Проведенные нами испытания показали, что введение извести действительно повышает устойчивость минеральных материалов к воздействию воды.

Для изучения влияния извести -пушонки на свойства асфальтовяжущего вещества, были изготовлены составы, содержащие 10, 20 и 30% извести от массы битума.

Свойства вяжущего после введения извести представлены в таблице.

Свойства асфальтовяжущего после введения извести

Наименование показателей	Количество извести, % от массы		
	10	20	30
1. Температура размягчения по методу «КиШ», °С	52	57	64
2. Пенетрация при 25 °С, при 0 °С	73	64	58
	11	7	4
3. Растяжимость при 25 °С, см при 0 °С, см	25	14	8
	7,4	3,9	1,3

Из таблицы следует, что при добавлении извести в битум происходит плавное увеличение температуры размягчения битума, снижение пенетрации и растяжимости. Так как при увеличении содержания извести увеличивается пенетрация, это может привести к увеличению времени и температуры приготовления асфальтобетонной смеси.

Добавление извести-пушонки повышает модуль жесткости асфальтобетона независимо от вида минерального материала, а также обеспечивает более высокую водо- и морозостойкость асфальтобетона.

**Сменное оборудование для затирки песком
щелей на тротуарной плитке**

Гарост М. М., Малашицкий Д. Э.
Белорусский национальный технический университет

Сейчас в градостроительной практике Республики Беларусь и зарубежных стран традиционные дорожные покрытия повсеместно замещаются тротуарной плиткой. Бетонная вибропрессованная плитка различной конфигурации и цветовой гаммы является эталоном в дорожном строительстве по причине своей долговечности и надежности. Для улучшения качества покрытий из тротуарной плитки и снижения затрат необходимо механизировать все этапы их строительства. Заключительной операцией по укладке плитки является затирка щелей между плитками с целью исключения вибрации покрытия и попадания воды и мусора. Однако в республике отсутствуют средства механизации для затирки песком щелей между плитками. Традиционно эти работы выполняются вручную с помощью подметальных щеток. На основе анализа конструкций зарубежных машин и навесного оборудования для заполнения швов на тротуарной плитке разработана конструкция навесного устройства к трактору «Беларус-320», которое позволяет повысить производительность и эффективность работ при затирке песком щелей на тротуарной плитке. На трактор навешивается фронтальный погрузчик с ковшом, который оборудован питателем и опорно-приводными колесами. На заднюю навеску трактора навешивается рама, снабженная опорными колесами, на которой установлены бак для воды, щетки, заметающие песок, которые приводятся во вращение через клиноременную передачу от вала отбора мощности через карданный вал и редуктор. Питатель выполнен в виде трубы с наваренными на ней цепями волнообразного профиля, подшипниковых опор. Привод питателя осуществляется от опорных колес ковша посредством цепной передачи. Устройство работает следующим образом. Машинист с помощью гидропривода переводит ковш, навешенный на погрузчик, в «плавающее» положение, ковш опирается на опорно-приводные колеса. Задняя навеска трактора переводится в «плавающее» положение и рама опускается на колеса. При включении ВОМ крутящий момент через карданный вал, редуктор и клиноременную передачу передается на щетки. При движении трактора приводится во вращение питатель ковша, который дозированно подает песок на поверхность плиток, а щетками осуществляется его затирка в щели.

УДК 625.764.

К проблеме регенерации старых цементобетонных покрытий

Хамицкий В. А., Ковалёв Я. Н.

Белорусский национальный технический университет

Перспективным способом восстановления цементобетонных покрытий является технология регенерации. Технология регенерации включает в себя подготовку старого покрытия путем его дробления, и использование полученного материала в различных слоях дорожных одежд.

Регенерация цементобетонного покрытия на сегодняшний день отличается только в технологии дробления покрытия и в способе использования полученного материала. С практической и экономической значимостью использовать материал полученный в результате дробления цементобетонных покрытий необходимо в качестве оснований и заполнителя смеси для оснований новых цементобетонных покрытий.

При регенерации цементобетонного покрытия наиболее распространены два способа дробления:

- ударный способ
- способ вибрационного резонанса.

Необходимо отметить, что, не смотря на различия перечисленных способов дробления дорожного цементобетонного покрытия, они имеют общий недостаток – высокую стоимость дробления из-за высокой разрушающей нагрузки и сравнительно невысокой производительности.

Технологии дробления цементобетонных покрытий требуют совершенствования, направленных на уменьшение стоимости выполнения таких работ. Это будет способствовать увеличению привлекательности технологии регенерации старых цементобетонных покрытий в сравнении с технологией усиления слоями асфальтобетона.

Таким образом, дальнейшими задачами в области совершенствования технологии регенерации старых бетонных покрытий являются поиск и обоснование применения эффективных механических средств их разрушения и поиск методов обеспечивающих снижение энергозатрат при разрушении старого цементобетонного покрытия.

**Анализ способов повышения эксплуатационной надежности
и долговечности дорожных покрытий**

Бандюк Н. В.

Белорусский государственный университет транспорта (Бел ГУТ)

Срок службы дорожного покрытия в основном зависит от таких факторов, как погодные-климатические условия, интенсивность движения и грузоподъемность транспортных средств. Покрытия - наиболее подверженные воздействию этих неблагоприятных факторов элементы конструкции дорожной структуры. Для сохранения на протяжении длительного времени работоспособного состояния дорожных покрытий важную роль играют правильно подобранные материалы и технологии, а также своевременная периодичность и последовательность выполнения работ по содержанию и ремонту дорог.

Слои покрытий, устроенные с применением цементобетонных смесей, характеризуются высокой прочностью, ровностью, достаточной шероховатостью на протяжении длительного времени, а также имеют светлый цвет, что сказывается положительно на безопасности дорожного движения. Однако наличие продольных и поперечных температурных швов, высокая чувствительность к противогололедным материалам является существенным недостатком этих цементобетонных слоёв:

Со временем цементобетонные покрытия требуют устройства вышележащих слоев, которые имеют различное назначение, и на сегодняшний день выполняются преимущественно из материалов на основе битума. Но использование битума в традиционном виде на сегодняшний день уже недостаточно для обеспечения необходимых характеристик слоев на его основе. Поэтому перспективным направлением в дорожной отрасли является практика использования модифицированного битума и других материалов, применяемых для приготовления асфальтобетонных смесей.

Мировой опыт эксплуатации автомобильных дорог показывает, что срок службы покрытий, приготовленных с применением модифицированных битумов, значительно превышает срок службы покрытий с использованием традиционных битумов. Для достижения необходимых свойств материалов в качестве модификаторов могут быть использованы требующие утилизации отходы оргсинтеза (полимеры, резина), восковые добавки, а также модификаторы реологических характеристик. Использование той или иной модифицирующей добавки должно применяться индивидуально, в соответствии с искомыми свойствами и затратами на приготовление асфальтобетонных смесей.

Исследование скорости заиления песчаных дрен и песчаных прослоек в дорожном строительстве

Козловский Д. С.

Брестский государственный технический университет

Как показывает практика, в дорожном строительстве достаточно актуальна проблема протекания суффозных процессов при неглубоком залегании грунтовых вод, высокой интенсивности атмосферных осадков, применении слабых грунтов (торф и заторфованные грунты, илы, сапропели, глинистые грунты с коэффициентом консистенции свыше 0,5) для устройства земляного полотна или при наличии слабых грунтов в основании насыпей.

На сегодняшний день существуют различные способы искусственного улучшения основания и земляного полотна, подразумевающие под собой совместную работу слабых или глинистых водонасыщенных грунтов с песчаными грунтами. Сущность проблемы в том, что на границе контакта глинистый – песчаный грунт и в песчаном слое образуются прослойка из пылевато-глинистых частиц.

Для определения времени работы песчаной дрены при наиболее характерных гидрогеологических условиях Брестской области использовался прибор для определения коэффициента фильтрации КФ-00М. В качестве материала, заполняющего дрена, использовался песок крупный (плотность частиц $\rho_s=2,65 \text{ г/см}^3$). Определение коэффициента фильтрации песка крупного при максимальной плотности проводилось с фильтрованием воды с содержанием пылевато-глинистых взвешенных частиц крупностью менее 0,1 мм и концентрацией 20г/л.

В результате исследований определена скорость заиления песчаных дрен в лабораторных условиях. Выявлено, что заиление песчаных дрен имеет линейную зависимость; ориентировочный срок службы песчаной дрены (прослойки) может быть определен в лабораторных условиях; максимальное заиление песчаной дрены происходит непосредственно в месте фильтрации воды через нее.

УДК 625.

О развитии и взаимосвязи фундаментальной и прикладной науки в дорожной отрасли (часть 1)

Ковалев Я. Н., [Минин А. В.]

Белорусский национальный технический университет

Общеизвестно, что прикладная наука – это производная идей и результатов фундаментальных исследований. Отраслевые НИИ, которые призваны решать текущие задачи отрасли; не всегда имеют возможности приобрести уникальное дорогостоящее оборудование и не обладают кадровым научным потенциалом, адекватным уровню академических институтов.

Однако, исследования, проводимые в академических учреждениях имеют долгосрочный характер, обусловленный потребностью детального выяснения природы фундаментальных явлений, и поэтому не могут оперативно использоваться для решения прикладных отраслевых инженерных задач. Выход из такой противоречивой ситуации видится в тесном взаимодействии прикладной (отраслевой) и фундаментальной (академической и вузовской) наук. К числу основных предлагаемых для совместной разработки с НАН Беларуси научных направлений, непосредственно вытекающих из задач, поставленных в Государственной программе «Дороги Беларуси», можно отнести следующие:

Ресурсосбережение и снижение материалоемкости при строительстве, реконструкции, ремонтах и содержании дорожно-мостового хозяйства. Это даёт возможность резко сократить потребление многих дефицитных материалов (цемента, битума) за счет внедрения техногенных отходов промышленности на основе активационных технологий применения различных эффективных строительных материалов (например, силикальцита, получаемого с использованием дезинтеграторов с автоклавным режимом твердения); антигололедных материалов пролонгированного действия для особо опасных мест на автомобильных дорогах (мосты, путепроводы, развязки и др.);

Энергосбережение при выполнении энергоёмких **технологических операций**, (например, на асальтобетонных заводах удельное энергопотребление можно сократить минимум в 2 раза. Сюда же можно отнести разработку устройств малой энергетики, в том числе и на основе использования нетрадиционных источников энергии;

Эффективный контроль технологических операций на производственных предприятиях и базах дорожной отрасли, что позволит существенно повысить качество выпускаемой продукции.

Теоретические предпосылки рационального содержания бетонных покрытий автомобильных дорог

Пшембаев М. К.

Белорусский национальный технический университет

Исходя из предпосылки, что конструкция дорожной одежды с бетонным покрытием заведомо обеспечивает его надежную эксплуатацию по уровню воспринимаемых механических (транспортных) нагрузок, основными причинами первоначальных нарушений структуры и прогрессирующего разрушения поверхностного слоя бетонных покрытий являются погодноклиматические факторы внешней среды. В этой связи ставится задача разработки теоретических и практических основ алгоритма прогнозирования критических значений этих факторов и организации оперативно-превентивных мероприятий по защите бетонных покрытий для условий резко континентального климата Казахстана. При этом основное внимание уделено термическому фактору, то есть воздействию температурных полей в бетонном покрытии, которые и вызывают критические температурные напряжения. Такой акцент оправдан, исходя из рассмотрения проблемы содержания автомобильных дорог с бетонным покрытием, работающих в условиях резкоконтинентального климата, где температурный режим при их эксплуатации является доминирующим.

Для разработки теоретических положений по оценке уровня воздействия различных факторов внешней среды на деструкцию поверхностного слоя бетонных покрытий предлагается выделять из массива бетонного покрытия его внешний, наиболее интенсивно эксплуатируемый поверхностный слой, как предмет анализа его термодинамической работы. В этом случае предлагается отнести изучение поверхностных деформаций, их прогнозирование и устранение к узко профильному научному направлению - разработке долговременной эксплуатации бетонных конструкций специального назначения, в частности, бетонных дорожных покрытий в период их содержания.

Планируется ввести в практику защиты бетонных покрытий от коррозионного разрушения известные и новые гидрофобные вещества, а также коллоидные составы (например, на основе золь SiO_2), либо тонко дисперсные дисперсии из кварцевых наноразмерных частиц. Ожидается, что их применение по разработанным технологиям химико-механической защиты бетонных покрытий обеспечит требуемую кольматацию пор поверхностного слоя покрытий и даст существенный эффект в повышении их долговечности.

Применение дефеката в дорожных асфальтобетонах

Кажуро С. М. *

Белорусский национальный технический университет

Повышение эффективности и качества дорожного строительства, дальнейшее расширение и улучшение сети автомобильных дорог невозможно без расширения номенклатуры дорожно-строительных материалов путем создания более дешевых, с улучшенными свойствами и технологией производства.

Задача улучшения эксплуатационных свойств асфальтобетона неразрывно связана с повышением качества асфальтовяжущего вещества, входящего в состав смеси и являющегося его основным структурообразующим компонентом. Улучшение минеральной части асфальтовяжущего может быть достигнуто различными способами. Одним из них является применение в качестве наполнителей материалов, способных химически связываться с битумом, образуя прочные соединения.

Сущность указанного способа заключается в раскрытии механизма взаимодействия компонентов асфальтобетона на молекулярном уровне и его реализация в соответствующих технологических процессах.

Известно, что проблему барьера прочности бетонов необходимо решать на основе развития фундаментальных наук – физики и химии – в свете научных представлений теории электрических свойств атомов и молекул.

В настоящее время также установлено, что знание параметров электрических свойств атомов, молекул и коллоидных частиц позволяет применять в технологии асфальтобетона наиболее совершенные электронно-ионные процессы и получать материалы с направленным структурообразованием и максимальной экономичностью.

Минеральный порошок является не только заполнителем межзерновых пустот и обеспечивает надлежащую плотность смеси, но и оказывает структурирующее влияние на битум, являясь поверхностно активным материалом. Чем выше активность минерального порошка, тем выше эффект активации поверхности зерен заполнителя, тем выше эффект структурирования битума и, соответственно, лучше свойства асфальтобетона.

Известные способы активации минеральных порошков энергоемки и низкоэффективны. Поэтому поиск новых способов активации и активаторов является актуальным.

В качестве активатора минеральных материалов предложен отход сахарного производства – фильтрационный осадок (дефекат).

Научный руководитель: проф. Я. Н. Ковалёв

Получение целлюлозы из отходов производства

Куприянчик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Первая целлюлоза получена из соломы, а производство в 50-х годах XIX столетия основывалось на древесине. Производство целлюлозы в Беларуси было организовано в 80-е годы прошлого века: основным источником получения целлюлозы служит древесина, в которой ее содержание составляет до 50%. В результате химической обработки древесины выделяется продукт, содержащий более 95% целлюлозы. В качестве сырья для получения стабилизирующих добавок являются отходы бумажной промышленности. Процесс приготовления бумажной массы включает в себя операции мокрого размола древесины, в ходе которого происходит фибриляция волокон целлюлозы и ее измельчение. Далее водно-волоконистую смесь направляют на барабанный вакуум-фильтр для выделения твердого осадка. Осадок представляет собой практически чистую бумажную массу с содержанием целлюлозы около 50 % с отдельными случайными включениями. Цвет осадка – от серого до светло-коричневого.

Процесс производства стабилизирующих добавок на основе целлюлозы осуществляется по следующей технологии:

- транспортировка осадка от вакуумного фильтра до производственного участка автотранспортом с выгрузкой в приямок;
- межоперационное хранение осадка с выполнением мероприятий по предотвращению высыхания волоконистой массы;
- предварительное измельчение (до 5 мм) с частичным обезвоживанием осадка до влажности 80-82 % для обеспечения однородности материала по размерам и структуре;
- сушка осадка при температуре 125 °С до влажности 8 %;
- финишное измельчение осадка до средних размеров волокон 1,0-4,5 мм, осуществляется одним из следующих способов: ударный, истирание, раздавливание, резание, истирание с кавитацией;
- расфасовка и упаковка.

Вопросы охраны окружающей среды целлюлозного производства усугубляются высокой водоемкостью и использованием химически активных веществ. Выбросы вредных веществ в воздушное пространство вызывают высыхание растительности. Для улучшения экологической обстановки в центрах целлюлозного производства необходимо совершенствовать технологические процессы получения целлюлозы.

**Стабилизирующая добавка волокон целлюлозы
для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей**

Куприянчик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь – это рационально подобранная смесь минеральных материалов (щебня, песка из отсевов дробления и минерального порошка), дорожного битума (с полимерными или другими добавками или без них) и стабилизирующей добавки, взятых в определенных пропорциях и перемешанных в нагретом состоянии.

В настоящее время наибольшее распространение получила стабилизирующая добавка на основе целлюлозных волокон или специальных гранул.

В качестве стабилизирующей добавки рекомендуется использовать короткофиберное однородное целлюлозное волокно. Пригодность других волокон необходимо предварительно проверять путём проведения испытаний в соответствии с действующими ТНПА. Испытуемые добавки должны удовлетворять требованиям нормативной документации.

Стабилизирующую добавку волокон целлюлозы, представленную в виде пропитанных битумом и спрессованных гранул, можно автоматически подавать в смеситель из силосного склада через весовой или объемный дозатор по специально оборудованной линии.

Свободные волокна целлюлозы после соответствующего механического распушивания рекомендуется вдвухать непосредственно в смесительную камеру с помощью компрессора, а дозирование осуществлять по времени открытия и закрытия клапана.

Стабилизирующую добавку рекомендуется вводить в мешалку современной асфальтосмесительной установки циклического действия на разогретый каменный материал или перед подачей минерального порошка, или вместе с ним, предусматривая «сухое» перемешивание в течение 15-20 с. При последующем «мокрым» перемешивании смеси с битумом в течение 10-20 с стабилизирующая добавка должна равномерно распределиться в асфальтовом вяжущем веществе.

Продолжительность перемешивания смеси определяется техническими параметрами смесительной установки, степенью изношенности лопастей мешалки. Должно обеспечиваться равномерное распределение всех компонентов, включая волокна, и полное обволакивание дискретных зерен минерального материала битумом.

Снижение энергетической нагрузки на дорожную конструкцию автомобильных дорог, аэродромов и конструктивные элементы мостов и путепроводов за счет увеличения ударной вязкости цементобетонных покрытий.

Реут Ж. В., Кравченко С. Е.

Белорусский национальный технический университет

В процессе эксплуатации дорожное покрытие испытывает прямое воздействие ряда факторов внешней среды. Одним из наиболее значимых факторов является динамическое воздействие транспортной нагрузки, заключающееся в передаче и трансформации энергии движущегося автомобиля на конструктивные слои дорожной одежды или на нижерасположенные конструктивные элементы дорожных сооружений. Дорожные покрытия, в силу структурных особенностей, по-разному реагируют на энергетическое воздействие движущегося автомобиля. Так покрытие из асфальтобетона, представляющее собой упруго-вязко-пластичный материал и обладающее большей ударной вязкостью, поглощает энергию в большей степени, чем покрытие, устроенное из цементобетона, являющегося упругим материалом. Эта особенность асфальтобетона способствует более быстрому затуханию амплитуд колебаний, вызванных транспортными нагрузками, что в итоге приводит к снижению напряжений как в покрытии, так и в нижележащих слоях оснований. В тоже время, в условиях движения автомобильного транспорта, характеризующегося повышенной грузоподъемностью, более высокой интенсивностью и скоростью движения транспортных средств, становится очевидным один из недостатков жестких цементобетонных покрытий - неспособность быстро поглощать энергию движущегося автомобиля. Это и является одной из причин нарушения ровности бетонных плит, разуплотнения оснований за счет перемещения зерен материалов неукрепленных слоев оснований, особенно зерен песка.

Повышение ударной вязкости цементобетонного покрытия позволит снизить энергетическое воздействие движущегося автомобиля на дорожную конструкцию автомобильных дорог, аэродромов и на конструктивные элементы мостов и путепроводов.

Проведенные исследования позволили установить, что повышение ударной вязкости цементобетонного покрытия можно достичь, за счет применения частиц резиновой крошки. При этом, можно предположить, что применение резиновой крошки повысит шумоизоляционные свойства бетонных покрытий.

**Новые виды бетонов и их возможность применение
в Республике Беларусь**

Асипенко А. А.

Белорусский национальный технический университет

За последние десятилетия разработаны и освоены новые бетоны, такие, как, высокофункциональный бетон, обладающий удобоукладываемостью, высокой прочностью и высокой долговечностью. Разновидностью высокофункционального бетона является реакционно-порошковый бетон, не содержащий в своём составе щебня. Тем самым устраняется опасность разрушения в переходной зоне контакта щебня с цементным камнем. При введении в смесь микро и нанокремнезема прочность цементного камня превышает прочность зерен крупного каменного материала - щебень становится слабым звеном, что следует учитывать при работе бетона на растяжение (дорожное покрытие, конструктивные элементы мостов и путепроводов).

В Японии были предложены самоуплотняющиеся бетоны, главной особенностью которых является способность бетонной смеси с низким В/Ц самоуплотняться без вибрационного воздействия: воздух вытесняется за счет собственного веса, чему способствует большое расстояние между зернами щебня, достигаемое путем увеличения содержания мелких фракций. В составе таких бетонов используется порошкообразный известняк или зола уноса, супер пластификаторы и часто добавки, влияющие на вязкость бетонной смеси, для предотвращения сегрегации каменного материала.

Самоочищающийся бетон. В его состав вводят порошок двуокиси титана в количестве 2-5% от массы цемента или напыляют его на свежую поверхность. При этом, он выполняет функцию катализатора реакций связывания и разложения ряда вредных веществ, образующихся от движущегося автомобильного транспорта и обработки покрытия противогололедными материалами. Под действием света поверхность дорожного покрытия становится гидрофильной и все образующиеся соединения (плесень, бактерии) легко смываются водой.

Эти указанные виды бетонов, при проведении дополнительных исследований, могут быть адаптированы для применения в Республике Беларусь в дорожном строительстве - цементобетонные покрытия, конструктивные элементы мостов и путепроводов. Нельзя не учитывать при применении этих бетонов и возможность улучшения экологической обстановки около указанных объектов.

Способы повышения прочности слабых грунтов

Савуха А. В.

Белорусский национальный технический университет

Увеличение потребности в строительстве автомобильных дорог требует качественную и недорогую продукцию. Особенно данная проблема актуальна в тех районах, в которых отсутствуют прочные каменные материалы. В этой ситуации стоимость строительства автомобильных дорог возрастает из-за увеличения транспортных расходов, связанных с доставкой строительных материалов. Решением данной проблемы является использование местных материалов – укрепленных грунтов.

При укреплении грунтов чаще всего используют дорогостоящие вяжущие материалы (цемент, известь, нефтепродукты), которые в свою очередь повышают себестоимость автомобильных дорог. Учитывая наличие в Республике Беларусь больших объёмов неиспользуемых промышленных отходов, наиболее эффективным вариантом, в данной ситуации, является использование при укреплении грунтов техногенных отходов, обладающих вяжущими свойствами. Необходимо активизировать поиск и исследования на пригодность таких материалов для использования в качестве добавок при укреплении грунтов. Целью введения добавок является повышение морозостойкости, износостойкости и улучшение деформационных характеристик укрепленных грунтов. Так же необходимо провести исследования по вещественному подбору добавок на основе техногенных отходов и определения их оптимального количественного соотношения при введении в грунт. для решения задачи превращения местного слабо пригодного грунта в дорожно-строительный материал, обладающий требуемой прочностью, водо -и морозостойкостью и обеспечивающий улучшенные деформативных показателей дорожного конструктивного слоя.

Еще одним вопросом, требующим решения, является способ введения добавки в грунт. Возможно введение путём механического перемешивания грунта, возможно укрепление грунта по плоскости или укрепление слабых грунтов за счет глубинного смешивания.

Рассматривается способ повышения прочности слабых грунтов путем смешивания в шнековом бункере с природными гранулами на основе различных природных материалов: щебня, гравия, песка, глины, суглинков. Изменение свойств при помощи добавления гранулометрического или иного заполнителя достаточно перспективное, дешёвое и экологичное, направление. не требующее использования химических компонентов.

**О необходимости учета времени открытия движения по вновь
устроеному асфальтобетонному покрытию**

Ходан Е. П., Кравченко С. Е.

Белорусский национальный технический университет

Резервы повышения эксплуатационной долговечности дорожного покрытия заложены не только в применении качественных дорожно-строительных материалов и современных инновационных технологий, но и в строжайшем соблюдении технологической дисциплины на всех этапах строительства автомобильной дороги начиная со стадии проектирования и подбора составов конструктивных слоев дорожной одежды и заканчивая их устройством и открытием движения по вновь устроеному дорожному покрытию. С учетом вышесказанного требуются дальнейшие исследования по вопросу времени открытия движения по вновь устроеному асфальтобетонному покрытию. В первую очередь, это касается участка покрытия преимущественного движения транспорта, так называемая полоса наката. Именно она, в начальный момент открытия движения испытывает наиболее существенные структурные изменения, которые ведут к возникновению остаточных деформаций и проявляющиеся в последующем в виде образующейся колеи или нарушения сплошности покрытия. Существуют ряд гипотез по этому вопросу: - проявление тиксотропии в битуме от воздействия транспортной нагрузки и понижение давления воздуха в закрытых порах уплотненного асфальтобетонного покрытия. Дополнительно следует учитывать и термодинамические процессы в асфальтобетоне - температуру компонентов, находящихся внутри слоя асфальтобетонного покрытия и, в первую очередь, температуру поверхности крупного минерального заполнителя. Она остается достаточно высокой даже тогда, когда температура верхнего слоя покрытия достигает значений температуры окружающей среды. Тепло выделяемое при остывании поверхности крупного минерального заполнителя передается структурированному битуму, поддерживая его длительное время в вязко-пластичном состоянии, что в сочетании с транспортным движением в этот период, повышает его тиксотропию. Экспериментально установлен факт, уменьшения вязкости битума на 12%, в случае, если температура асфальтобетона изменяется от большего значения к меньшему, а не наоборот - от меньшего к большому. Это указывает на необходимость дать остыть свежеложенному асфальтобетонному слою, прежде чем открывать движение. Анализ имеющейся информации показывает, что в зависимости от толщины покрытия и погодноклиматических условий это время должно быть не менее 16 часов.

Деструкционная устойчивость верхнего слоя дорожной одежды

Ходан Е. П.

Белорусский национальный технический университет

В соответствии с имеющимися результатами научных исследований концепция деструкционной устойчивости верхнего слоя дорожной одежды основывается на учете амплитуд напряжений и деформаций, вызываемых повторными транспортными нагрузками и погоднo-климатическими факторами. В общем случае, чем меньше предельные колебания этих параметров, тем ниже интенсивность развития усталостных разрушений, что увеличивает срок службы как верхнего слоя дорожной одежды, так и дорожной одежды в целом.

В качестве основных механизмов повреждений верхнего слоя дорожных покрытий обычно выделяют следующие: образование трещин под воздействием транспортных нагрузок; низкотемпературное трещинообразование; образование отраженных трещин; деформационные разрушения (выбоины, бугры, колея); дезинтеграция (износ, выкрашивание); снижение коэффициента сцепления; неровность. Все эти механизмы проявляются при различных схемах воздействия транспортных и погоднo-климатических факторов. При этом, наибольший ущерб безопасности дорожного движения наносят деформационные и дезинтеграционные процессы разрушения, следствиями которых, в первую очередь, является снижение коэффициента сцепления и образование неровностей покрытия.

Результатами научных исследований установлено, что в наибольшей степени на интенсивность повреждений верхнего слоя дорожной одежды оказывает структурная устойчивость материала конструктивных слоев. Так образование выбоин и бугров происходит в том случае, когда приложенные усилия превышают структурную сдвиговую устойчивость верхнего слоя из асфальтобетонной смеси или материала нижележащих слоев.

Структурную устойчивость верхнего слоя дорожной одежды снижают также окисление и эрозия битумного вяжущего, что способствует выносу частиц заполнителя за счет наличия сдвиговых напряжений между шиной и поверхностью покрытия. В большей степени это проявляется в холодный период года, когда вяжущий материал покрытия находится в хрупком состоянии.

Соболевская С. Н.

Белорусский национальный технический университет

Дорожно-патрульная служба (далее - ДПС) создается в специализированных организациях по содержанию улично-дорожной сети в виде бригад. ДПС осуществляет регулярное патрулирование дорог с целью принятия мер по предупреждению возникновения перерывов в движении транспортных средств, общей оценки состояния улично-дорожной сети по маршруту патрулирования и информирования должностных лиц предприятий осуществляющих содержание улично-дорожной сети. Состав работ включает:

- наблюдение за состоянием дорог и дорожных сооружений;
- выявление фактов нарушения Правил пользования автомобильными дорогами и дорожными сооружениями;
- устранение мелких повреждений элементов дорог, ликвидацию возникших помех, препятствующих нормальному движению транспортных средств, а при невозможности немедленного выполнения указанных работ – ограждение этих мест с установкой соответствующих временных знаков;
- выявление участков, на которых скользкость образуется чаще всего, и в первую очередь - участков со снежными заносами; осуществление регулярной связи (не менее одного раза в два часа) с диспетчером (дежурным).

В период снегопадов и гололедицы проезжая часть и тротуары улиц обрабатываются противогололедными средствами. В первую очередь выполняются работы по обработке противогололедными средствами и очистке от снега и наледи проезжей части, тротуаров, посадочных площадок остановок общественного транспорта на имеющих крутые уклоны участках улиц с движением маршрутных транспортных средств, узких улицах, а также мостов, путепроводов, транспортных тоннелей, пешеходных переходов и других мест возможного скопления пешеходов и транспортных средств.

Транспортные сооружения

Создание резино-битумных мастик для гидроизоляции конструкций мостов

Аксененко Р. А., Артеменко Д. Н.
(научный руководитель - Ляхевич Г. Д.)

Белорусский национальный технический университет

Изготовление мастики осуществляют следующим образом: битум БНИ-IV загружают в лопастную мешалку, нагревают до температуры 130 – 160°C, сюда же подают дробленную резину, обработанную экстрактом селективной очистки масла. Массу перемешивают при температуре 130 – 160°C в течение 30±5 минут, затем вводят высокодисперсную золу от сжигания торфа, смесь перемешивают в течение 20±5 минут до однородной массы и готовую мастику выгружают, охлаждают и подвергают исследованию. В таблице представлена характеристика исследуемых мастик.

Физико-механическая характеристика резино-битумных мастик

Наименование показателей	Номера образцов мастик		
	1	2	3
1	2	3	4
Глубина проникания иглы при 25 °С	38	51	56
Растяжимость при 25 °С, см	4	7	12
Температура размягчения, °С	82	74	71
Потеря в весе при 160 °С за 5 часов, %	0,1	0,1	0,2
Температура вспышки, °С	>230	>230	>230
Водопоглощение за 24 ч, %	0,26	0,17	0,15
Водорастворимых кислот, %	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Адгезия к бетону, МПа	0,91	0,89	0,85
Адгезия к металлу, МПа	0,74	0,61	0,42

Результаты испытаний полученных образцов резино-битумных мастик, содержащие золу от сжигания торфа, имеет высокие качественные показатели, а поэтому могут успешно использоваться для гидроизоляции мостовых конструкций.

Некоторые аспекты создания пешеходного моста в Беларуси

Ляхевич Г. Д

Белорусский национальный технический университет



В нашей стране имеется много всяких пешеходных мостов. Конструкция их незамысловатая, простая в изготовлении, не дорогая, весьма не устойчивая в эксплуатации и что самое важное, не долговечная.

Если учитывать, что подобные мосты расположены в сельской и лесной зонах, то их эксплуатация как то оправдана.

Однако для больших городов Минска, Гомеля, Витебска, Могилева, Новополоцка и др конструкция таких мостов непригодны для использования. В этой связи предлагаем для проектирования и строительства пешеходные арочные мосты на стальных тросах. Например, в качества прототипа использовать конструкцию моста Хьюм Арч .



Пешеходный мост Hulme Arch, построенный в Манчестере (Англия). Его длина составляет 52 метра, ширина – 18 метров, а масса – 365 тонн. При строительстве конструкции использовали бетон и сталь, а его пешеходная поверхность

покрыта асфальтом. Мост держится на двадцати двух стальных тросах, которые крепятся к арке высотой 25 метров. Она состоит из шести сборных секций, которые соединены между собой так, что кажется, будто это одна сплошная конструкция. Строители называют конструкцию идеальным примером того, как творческая мысль в сочетании с новейшими технологиями может быть использована для создания такого сооружения.

Некоторые аспекты гидроизоляции мостовых сооружений

Ляхевич А. Г., Долгов А. В.

(научный руководитель - Ляхевич Г. Д.)

Белорусский национальный технический университет

Современный мост – сложная инженерная конструкция (рисунок). От того, насколько качественно выполнены строительство или его ремонт



моста, напрямую зависит не только уровень затрат на его содержание, но и безопасность. Прочность и долговечность мостов обусловлена технологией строительства и качеством используемых строительных материалов. Основная роль в защите мостовых конструкций принадлежит гидроизоляционному покрытию. Технологии устройства проезжей части мостовых покрытий изменилось за последнее десятилетие.

Повышенные требования к качеству покрытия и его долговечности, послужили серьезным толчком в сторону использования более современных технологий и создания материалов, обеспечивающих сроки службы в условиях РБ без ремонта покрытия мостов до 25 лет. Важным требованием, предъявляемым к современным гидроизоляционным материалам для транспортных сооружений, является обеспечение их высокой адгезии к изолируемому материалу.

Адгезия характеризуется способностью гидроизоляционного материала проникать в поверхностные поры и микротрещины основы, а также показателем температурного отслаивания, влияющим на его способность не отслаиваться от основы при колебаниях температуры окружающего воздуха. Величиной адгезии в значительной степени определяются такие характеристики гидроизоляции, как водонепроницаемость, водостойкость, долговечность и прочность ее конструкции.

Таким образом выбор материалов и технологии устройства гидроизоляции являются важнейшими аспектами защиты мостовых конструкций, а значить их долговечности и надежной эксплуатации.

Гидроизоляционные материалы для защиты проезжей части мостов

Ляхевич А. Г., Долгов А. В.
(научный руководитель - Ляхевич Г. Д.)

Белорусский национальный технический университет

В области дорожного строительства мосты относятся к категории самых сложных сооружений. При их создании важно не только правильно разработать саму конструкцию, но и обеспечить его надёжную и длительную эксплуатацию.

Проезжая часть автодорожных мостов, помимо стандартных нагрузок обычного дорожного полотна, подвергается ряду дополнительных динамических воздействий, а это значит, что используемые гидроизоляционные материалы должны обладать повышенной степенью прочности и эластичности одновременно. Поэтому вопросы гидроизоляции мостовых конструкций во всём мире всегда были и есть одними из самых важных в мостостроении. В нашей стране, наряду с возведением новых мостов, крайне актуальной темой **является** реконструкция и ремонт мостовых сооружений. Применение современных высокотехнологичных гидроизоляционных материалов при строительстве или ремонте мостов и других искусственных сооружений, позволяет не только обеспечить защиту от разрушительного воздействия воды и других агрессивных сред, но и добиться удешевления строительства и сокращения его сроков, а также снижения веса пролетного строения за счет применения конструкций дорожной одежды облегченного типа, без устройства бетонных защитных и выравнивающих слоев. Для решения этой задачи разработаны специальные гидроизоляционные материалы и технологии, позволяющие укладывать асфальтобетон или литой асфальт непосредственно на поверхность самого материала (см. рисунок).



В этом случае конструкция проезжей части состоит из выравнивающего слоя, праймера, слоя гидроизоляционной мембраны и слоя асфальтобетона или литого асфальта.

На практике для гидроизоляции мостового полотна транспортных сооружений в настоящее время применяют четыре основных типа материалов: рулонная наплавляемая или оклеечная гидроизоляция; «горячие» и «холодные» гидроизоляционные мастики; рулонно-мастичная гидроизоляция; битумно-латексные эмульсии.

Техноэластмост

Савина Е. Н., Кулан А. В.
(научный руководитель - Ляхевич Г. Д.)
Белорусский национальный технический университет

Наиболее часто при строительстве и ремонте мостов применяют рулонную гидроизоляцию (до 85% от общего количества сооружений). Модифицированный битумно-полимерный рулонный наплавляемый материал ТЕХНОЭЛАСТМОСТ (фирма «Технониколь») применяют во всех климатических зонах для гидроизоляции железобетонной плиты проезжей части (Марка Б), устройства защитно-сцепляющего слоя на стальной ортотропной плите пролетных строений мостовых сооружений (Марка «С»). Материал ТЕХНОЭЛАСТМОСТ благодаря своей эластичности легок в укладке даже в холодную погоду и в тоже время не становится слишком мягким на солнце; имеет высокую адгезию к основанию, что обеспечивает когезионный разрыв при испытании гидроизоляции. **Отличительной особенностью** материала «Техноэластмост С» является расположение армирующей основы в верхней части материала, что позволяет избежать дефектов в асфальтобетонном покрытии при его укладке вследствие исключения сдвига вяжущего при уплотнении смеси, а также осуществлять укладку на него литой асфальтобетонной смеси с температурой до 220 °С. До нанесения рулонной гидроизоляции необходимо тщательно подготовить поверхность: выровнять и загрунтовать праймером битумно-полимерным ТЕХНОНИКОЛЬ №03. Применяется такой праймер на металлических, бетонных основаниях мостовых сооружений перед укладкой гидроизоляционных материалов. Праймер битумно-полимерный ТЕХНОНИКОЛЬ №03 применяется для обработки поверхностей пролетных строений мостовых сооружений перед укладкой гидроизоляционных материалов, оштукатурки цементно-песчаных, бетонных и других поверхностей перед укладкой наплавляемых, самоклеящихся кровельных и гидроизоляционных материалов.

Особенностями данного праймера являются его сверхбыстрое время высыхания, возможность применения при отрицательных температурах, полная готовность к применению. Надежно защищает поверхность от коррозии, увеличивает прочность сцепления материала с основанием. Использование новейших технологий устройства проезжей части мостовых покрытий полностью описано в «Руководстве по применению гидроизоляционного материала ТЕХНОЭЛАСТМОСТ для гидроизоляции железобетонной плиты проезжей части мостовых сооружений».

Битумная эмульсия

Ортнер Д. В., Альаззави Аюб Басим Абдулхуссейн
(научный руководитель - Ляхевич Г. Д.)

Белорусский национальный технический университет

Европа уже давно работает с битумными гидроизоляционными материалами на водной основе. А в части европейских стран вообще запрещено использование битумных мастик на органических растворителях. Связано это в первую очередь с изменением европейского законодательства, резко ограничившего права производителей на выбросы растворителей в атмосферу.

Например, в Германии опыт применения битумных эмульсий насчитывает уже более 65 лет, эти материалы прописаны во всех строительных нормах. Корпорация «ТехноНИКОЛЬ» одна из первых приступила к выпуску битумных мастик на водной основе.

Битумные эмульсии на водной основе представляют собой готовые к применению материалы, состоящие из водной эмульсии нефтяного битума, модифицированного искусственным каучуком, технологических добавок и наполнителей. Процесс производства таких материалов является инновационным.

За счет отсутствия в новых материалах органических растворителей, при хранении и работе с материалами совершенно отсутствует риск пожаров и отравлений. Если же сравнивать с битумными мастиками горячего применения, то преимуществами так же является удобство в процессе работы, отсутствие необходимости наличия дополнительного оборудования на строительной площадке, а значит отсутствие рисков возгорания и меньший расход энергии при переработке. Значительно сокращается время набора свойств готового гидроизоляционного покрытия за счет естественного испарения воды из структуры мастики, соответственно значительно сокращается время проведения работ по гидроизоляции.

Одним из показателей надежности и длительного функционирования строения в целом, является комплекс защиты всех оснований, подверженных различным видам воздействия воды. Применение битумных мастик на водной основе в технологиях гидроизоляции позволяет снижать выбросы органических компонентов, соответствуя ограничениям, установленным самыми жесткими экологическими нормами.

Гидроизоляционная мембрана

Альаззави Аюб Басим Абдулхуссейн, Тарасов П. В.
(научный руководитель - Ляхевич Г. Д.)
Белорусский национальный технический университет

Геосинтетические материалы настолько хорошо зарекомендовали себя в строительной практике, что сегодня уже сложно без них обойтись. Гидроизоляционная мембрана – это одна из разновидностей полимерных пленок. Основная ее задача – защищать внутреннее пространство от внешней влаги. Кроме этого, гидроизоляционная мембрана оберегает строительную конструкцию от внешних воздействий, тем самым продляя срок службы и оптимизируя эксплуатационные свойства здания.

Гидроизоляционная мембрана (геомембрана) - это гидроизоляционная пленка, полученная из полиэтилена высокой и низкой плотности. Также в ее состав входят антиокислители и другие компоненты, которые значительно улучшают технические характеристики. Как правило, гидроизоляционная мембрана представляет собой тонкое полотно толщиной 0,5-3 мм. В некоторых случаях для гидроизоляции применяют более плотные мембраны – 1-3 мм, они более прочные и надежные, но менее эластичные и гибкие.

Основные достоинства гидроизоляционной мембраны

- Устойчивость к воздействию ультрафиолетовых лучей.
- Долгий срок службы – до 50 лет.
- Устойчивость к воздействию внешних негативных факторов – окисление, гниение и т.д.
- Гидроизоляционная мембрана совершенно безопасна для окружающей среды и живых организмов.
- Приспособленность к различным температурным режимам – эластичность сохраняется в любых условиях (от -40°С до +50°С).
- Надежная структура геомембран способна противостоять любым механическим повреждениям – проколы, прорастание корней деревьев, незначительные удары и т.д.
- Гидроизоляционные мембраны успешно противостоят коррозии.
- Стойкость ко многим химическим веществам – допускается применение жидкостей с рН от 0,4 до 13.

Применение гидроизоляционной мембраны позволяет полностью исключить проведение затратных бетонных работ. А простота монтажа позволит завершить работу в кратчайшие сроки, что никак не скажется на высоком качестве гидроизоляции.

Гидроизоляция конструкций, заглубляемых в землю

Лосев А. Ю., Аксененко Р. А.

(научный руководитель - Ляхевич Г. Д.)

Белорусский национальный технический университет

Поверхностям, подверженным контакту с водой необходима гидроизоляция, способная сохранять свои свойства длительный срок. Гидроизоляция с использованием битумных и битумно-полимерных мастик «ТехноНИКОЛЬ», относится к обмазочной гидроизоляции. В результате обработки бетонной/металлической сваи или плиты подобным образом, образуется пленка, позволяющая эффективно задерживать влагу, не допуская деформации основного материала. Достоинство данного типа гидроизоляции фундаментов — высокая степень защиты всей поверхности бетонной плиты или металлической сваи. В ассортименте Корпорации «ТехноНИКОЛЬ» существует несколько видов материалов для гидроизоляции фундамента: мастика «ТехноНИКОЛЬ» №21 (Техномаст) и мастика гидроизоляционная «ТехноНИКОЛЬ» №24 (МГТН) применяются для гидроизоляции фундаментов, свай и других объектов, заглубляемых в землю или контактирующих с влажной средой. Отличием данных мастик является то, что они полностью готовы к применению, могут применяться при отрицательных температурах, образуют высокопрочные покрытия и повышают срок службы строительных конструкций.

При проведении работ данные виды мастик наносятся на обрабатываемую поверхность традиционным способом при помощи кисти, шпателя, либо наливом с разравниванием.

Для проведения гидроизоляции фундаментов стоит отдельно отметить современный битумно-латексный состав Мастика битумная эмульсионная «ТЕХНОНИКОЛЬ» №33 (напыляемая). Состав характеризуется быстрым застыванием и возможностью непосредственного напыления на поверхность без нагрева. Использование установок безвоздушного напыления позволяет существенно снизить временные затраты на производимые работы. Еще одним достоинством гидроизоляции фундаментов при помощи напыления мастики «ТехноНИКОЛЬ» №33 является высокая эластичность материала и его прочность на разрыв. Это позволяет сохранять гидроизоляционный слой неповрежденным даже в условиях существенных деформаций. Не содержит растворителей, не горючая. Мастика «ТехноНИКОЛЬ» №31 наносится послойно кистью, валиком либо наливом с разравниванием специальными гребками. Допускается применение на влажных основаниях.

Битумно-латексная эмульсия Дорфлекс (DORFLEX®)

Максименко А. Л., Артёменко Д. Н.

(научный руководитель - Ляхевич Г. Д.)

Белорусский национальный технический университет

Dorflex® - представляет собой дисперсную систему, состоящую из двух взаимно нерастворимых жидкостей (битум-вода), из которых одна дисперсная фаза (битум) распределена в другой дисперсной среде (воде) в виде мельчайших частиц диаметром 5...10 мкм, покрытых очень тонким слоем эмульгатора на основе жирных кислот, обеспечивающего технологическую устойчивость такой гидроизоляционной системы. Введение наполнителя, - полихлоропренового латекса, - значительно увеличивает прочностные и эластичные свойства материала.

Для гидроизоляции мостов и мостовых конструкций, а также ямочного ремонта асфальто-бетонного покрытия создана двухкомпонентная гидроизоляция (жидкая резина) под торговой маркой Дорфлекс (DORFLEX®). Она представляет собой современный материал для устройства бесшовной гидроизоляции, обладающий повышенными характеристиками качества. Выполнение работ механизированным способом позволяет увеличить скорость гидроизоляционных работ как минимум в 4 раза без потери качества. Материал показывает хорошую устойчивость в зимний период без устройства защитного слоя с сохранением всех физико-механических характеристик бесшовной гидроизоляционной мембраны. «Дорфлекс» обеспечивает гарантированную толщину, простоту ремонта повреждённых мест, стойкость к механическим нарушениям. Отмечается простота и лёгкость использования по сравнению с традиционными рулонными материалами. Напыляемая битумно-полимерная эмульсия, предназначенная для гидроизоляции и антикоррозийной защиты мостовых конструкций, эстакад, тепловых труб, тоннелей, в том числе тоннелей метрополитена, и других искусственных сооружений во всех климатических районах, получаемая гидроизоляционная мембрана сохраняет физико-механические свойства при температуре до +260°С, что позволяет выполнять укладку по ней горячих, а/б и литых смесей. Покрытие обеспечивает нормативные характеристики адгезии с металлическими и бетонными поверхностями. Полученная мембрана обеспечивает хорошую водонепроницаемость, материал имеет низкое водопоглощение, высокая эластичность позволяет воспринимать широкий диапазон пластических деформаций, показатели условной прочности удовлетворяют требованиям эксплуатации.

Система непрерывного мониторинга мостовых сооружений

Ляхевич Г. Д., Гречухин В. А.

Белорусский национальный технический университет

Непрерывный мониторинг состояния искусственных сооружений на дорогах - это система наблюдения за условиями работы и поведением, прежде всего, мостовых конструкций, направленная на обеспечение сохранения их функциональных свойств в заданных пределах, осуществляемая с использованием измерительной аппаратуры и обеспечивающая предоставление информации о состоянии конструкции в реальном режиме времени.

В Республике Беларусь в основном строятся и эксплуатируются малые и средние мосты. Обычно обследование и оценка технического состояния их проводится на основе осмотров, сопровождаемых инструментальными измерениями, испытаниями. Осмотры, обследования мостов, оговоренные в нормативных документах, являются трудоемкими из-за большого объема обследования и сложности доступа к узлам конструкции. Испытания мостов являются дорогостоящими, т.к. требуют использования испытательной нагрузки в виде тяжелых грузовиков или динамических возбудителей, ограничения движения по мосту.

Для их непрерывного мониторинга необходимо разрабатывать новые более эффективные компьютерные программы, подбирать простое и надежное приборное сопровождение. Особое внимание обратить на разработку и внедрение отечественных приборов и программного обеспечения для непрерывного мониторинга гидроизоляции, деформационных швов. Предлагается включать в систему непрерывного мониторинга строительства и эксплуатации искусственных сооружений на дорогах: организацию научных исследований и разработок по проблеме мониторинга; автоматизацию работ по управлению состоянием сооружений; подготовку кадров для работы в системе мониторинга строительства и эксплуатации мостовых сооружений, включая мониторинг проведения научных исследований, автоматизацию работ, действия в чрезвычайных ситуациях; управление качеством строительства и эксплуатации сооружений; экологический мониторинг сооружений. Для практического решения этих вопросов необходимо на кафедре МиТ в Белорусском национальном университете создать специализацию по подготовке специалистов по непрерывному мониторингу мостовых сооружений.

Влияние размеров ячейки сетки при армировании грунтов

Бойко И. Л.

Белорусский национальный технический университет

Армирование грунтов представляет собой перспективный метод создания высокоэффективных конструкций оснований.

Сооружения из армированного грунта применяют при строительстве зданий и сооружений, а также дорожных насыпей на слабых грунтах и пр. При этом все чаще приходится выполнять усиление грунтов оснований в сложных инженерно-геологических условиях. Одним из эффективных способов повышения улучшения свойств грунта в основании является включение в него более прочных материалов – армирование. Это увеличивает сопротивление грунта растяжению и сдвигу, ограничивает боковые деформации. В качестве армирующих элементов используют органические, синтетические, металлические и каменные материалы. Одним из наиболее распространенных видов геоматериалов являются геосетки и георешетки. Проектирование армированных подушек с использованием геосеток сдерживает отсутствие методики учитывающей размеры ячейки геосетки, что приводит к неэффективному расходу материалов. В связи с этим в лабораторных условиях были проведены исследования влияния размеров ячейки геосеток на работу армированного основания. В процессе эксперимента фиксировались нагрузки и осадки основания. По результатам эксперимента сделаны выводы о влиянии армирования основания и размеров ячеек геосеток на деформации грунта.



Рисунок 1. Общий вид испытательного стенда

По результатам экспериментов сделаны выводы о том, что применение геосеток снижает деформации основания на 20-25%, а увеличение размера ячейки до 40%.

**Особенности обследования искусственных сооружений
на мелиоративных системах**

Вайтович А. Н.

Белорусский национальный технический университет

В IV квартале 2017 года сотрудниками кафедры «Мосты и тоннели» БНТУ было обследовано более 20 железобетонных искусственных сооружений (мосты, дамбы, водосбросы) через мелиоративные каналы и на земляных плотинах водохранилищ в Минской области на местных автомобильных дорогах, в том числе и низших категорий – VI-а, VI-б. Средний возраст сооружений составлял 30 лет. Статистика выполненного объема работ показала, что 25% сооружений находятся в предаварийном состоянии, 40% – в неудовлетворительном и только 35% – в удовлетворительном, грузоподъемность не обеспечена у 65% сооружений, проезжая часть 45% сооружений не соответствуют требованиям по габариту для категории дороги. Все сооружения имеют нетиповые геометрические размеры, в частности расчетные пролеты. Также одной из больших проблем является отсутствие проектной и исполнительной документации, а также типовых серий.

Для определения технического состояния сооружения, а также остаточного ресурса необходимо проводить дополнительные исследования: определять пассивирующие свойства бетона (степень карбонизации, наличие хлоридов), степень коррозии арматуры (определение электрохимической коррозии методом разности потенциалов), выполнять лазерное сканирование, исследовать морфостворы и т.д.

При необходимости вскрытия армирования конструкций рекомендуется воспользоваться методикой изложенной в ТКП 45-1.04-37-2008*.

В расчетах строительных конструкций необходимо анализировать все полученные при полевых работах данные, наиболее достоверно это позволяют сделать программные комплексы, основанные на МКЭ анализе, такие как SOFiSTiK, Midas.

Выполнение данного перечня работ при обследовании позволяет получить более достоверные сведения о состоянии сооружения и на основании этого разрабатывать соответствующие методики по эксплуатации сооружения до проведения ремонтных работ и выбрать правильные методы его восстановления или модернизации (применение соответствующих технологий и материалов).

Особенности расчета прочности стыкового соединения сборно-монолитных конструкций

Вайтович А. Н., Пастушков В. Г.

Белорусский национальный технический университет

Устройство монолитной накладной плиты на изгибаемых железобетонных элементах позволяет усилить сжатую зону сечения и не допустить разрушения по ней конструкции. Также является наиболее рациональным решением с точки зрения долговечности конструкций. Данное решение позволяет усилить сжатую зону сечения и не допустить разрушения по ней конструкции, таким образом, трещинообразование будет начинаться в растянутой зоне, что позволяет его контролировать в процессе эксплуатации конструкции.

Вводя в расчеты конструкций усиления пролетных строений мостов, возникающие силы трения на границе контакта поверхностей, в том числе при установке временной нагрузки, позволяет подходить более рационально к установке арматурных выпусков, а в некоторых местах и вовсе от них отказаться.

Расчетное сопротивление сдвигу на единице площади контакта следует, с учетом типа поверхности сборного элемента, следует определять по формуле:

$$\tau_{Rdj} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_N + \rho_j \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha),$$

где c – коэффициент, учитывающий вид поверхности;

μ – коэффициент трения;

σ_N – нормальные напряжения, действующие на единицу площади контакта от минимальной внешней силы, перпендикулярной к его плоскости;

ρ_j – коэффициент поперечного армирования;

f_{yd} – расчетное сопротивление растяжению поперечной арматуры;

α – угол наклона арматуры в стыке.

Таким образом, расчетное армирование, из условия восприятия продольного среза в контакте, необходимо устанавливать, если не выполняется условие:

$$\tau_{Sdj} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_N.$$

Актуальность исследования прочности стыкового соединения может быть использована для исследования конструкции плиты проезжей части мостовых сооружений с учетом слоев покрытия, и позволит при испытаниях сооружений достигать конструктивного коэффициента близкого к 1,0.

**Мониторинг несущих конструкций станции метрополитена
на этапе «до начала строительства»**

Кисель М. А.

Белорусский национальный технический университет

Мониторингом предусматривается непрерывный контроль в натуральных условиях за деформациями и усилиями в несущих конструкциях станции, и проверка соответствия их расчетным значениям, обеспечивающих безаварийную работу конструкций, и включает в себя:

- Визуальный мониторинг;
- Геодезическо-маркшейдерский надземный мониторинг;
- Геодезическо-маркшейдерский подземный мониторинг состояния конструкций;
- Инструментальный мониторинг состояния конструкций;
- Электронный дистанционный мониторинг состояния конструкций;
- Научное сопровождение работ по мониторингу.

Работы по мониторингу проводятся в несколько этапов. Основными работами на этапе «до начала строительства» являются работы по анализу исходной информации на основании результатов натурного обследования. Тщательно анализируются результаты геодезических (маркшейдерских) измерений за период двух лет эксплуатации, предшествующих началу производства работ по реконструкции станции. Предоставляются сведения о техническом состоянии подземных сооружений, попадающих в зону риска, полученные от эксплуатирующих организаций. Проводятся измерения по определению кренов, несоосностей, деформаций и неравномерных осадок несущих железобетонных путевых стен станции. Устанавливаются геодезические марки на сооружения и станцию метрополитена с привязкой их к городской реперной сети. Устанавливаются маяки и датчики раскрытия на трещины, зафиксированные в конструкциях станции. Устанавливаются электронные датчики на железобетонные конструкции пересадочного узла. Должен осуществляться полный контроль за соблюдением технологического регламента работ и научное сопровождение работ подготовительного этапа. Программа мониторинга предусматривает при появлении критических значений данных, получаемых из автоматизированной системы мониторинга незамедлительное согласование принимаемых решений с проектной организацией, службой пути и тоннельных сооружений эксплуатирующей организации и организацией, осуществляющей научное сопровождение работ по мониторингу.

Инъекционное закрепление грунтов при реконструкции станционных сооружений метрополитена

Кисель М. А.

Белорусский национальный технический университет

Инъекционное закрепление грунтов при строительстве и реконструкции тоннелей и метрополитенов применяют для преодоления участков несвязных водонасыщенных грунтов, укрепления оснований и фундаментов зданий и других сооружений, находящихся в зоне влияния строительства, а также для ликвидации аварийных ситуаций, возникающих в процессе строительства.

Способ закрепления грунтов выбирают на основании инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, требований экологии и технико-экономического сравнения вариантов закрепления.

В зависимости от инженерно-геологических условий, цели и принятого метода инъекции для обработки грунтов применяют инъекционные растворы на основе минеральных вяжущих или полимерных материалов, обладающих широким диапазоном реологических и физико-механических характеристик и обеспечивающих повышение прочности, противотрационной плотности грунтов или водоподавление.

Растворы на основе цемента наиболее целесообразно применять для укрепления песчаных грунтов: крупнообломочные, крупно- и среднезернистые пески, нескальные грунты, включая мелкозернистые и пылеватые пески, супеси.

Выбор типа цемента для приготовления раствора производится с учетом вида химической агрессии подземных вод. Для регулирования свойств инъекционных растворов, улучшения их качества, а также для снижения расхода цемента в растворы вводят различные минеральные и химические добавки. Добавки в качестве ускорителей в количестве 5-15% от массы цемента, в качестве пластификатора – в количестве 0,1-1%.

Инъектирование горного массива необходимо начинать с водонасыщенных растворов с соотношениями Ц:В, равным 1:10 или 1:5, постепенно повышая содержание цемента в растворе, доводя его на конечной стадии нагнетания до соотношения Ц:В, равного 1:1 или даже 1:0,5. Для закрепления водонасыщенных трещиноватых скальных грунтов целесообразно применение цементно-коллоидных растворов, которые представляют собой тонкодисперсную суспензию, приготовленную в высокоскоростных смесителях со скоростью вращения перемешивающих устройств 1500-2000 об/мин.

**Анализ возможности применения «сквозной проходки»
при строительстве станций метрополитена в г. Минске**

Пастушков Г. П., Коликов А. О.

Белорусский национальный технический университет

В настоящий момент широко используется традиционная схема организации строительства линии метрополитена, при которой проходка перегонных тоннелей осуществляется после сооружения станционного комплекса. Однако такая технология не позволяет использовать проходческий щит с максимальной эффективностью, ввиду небольшой протяженности перегонных тоннелей, необходимости сооружения монтажно-щитовых камер, проведения работ по монтажу и демонтажу щита.

Преимущество новой концепции заключается в уменьшении стоимости и продолжительности строительства в связи с непрерывной проходкой перегонных тоннелей на всем протяжении пускового участка и последовательном сооружении каждого станционного комплекса по мере продвижения через него проходческих щитов.

В рамках работы рассмотрены следующие вопросы:

1. Концептуализация, включающая разработку объемно-планировочных, конструктивных и архитектурных решений;
2. Расчет и оптимизация конструкции платформенного участка;
3. Проведение технико-экономического обоснования и расчет экономического эффекта внедрения новой концепции.

Анализ возможности применения «сквозной проходки» в городе Минске включает в себя разработку новых решений для реализации концепции с анализом нюансов технологии производства работ, архитектурных требований и имеющегося оборудования для проходки тоннелей. В результате разработки конструктивных решений было достигнуто эффективное распределение жесткостей элементов конструкции, а также адаптация конструкции платформенного участка для комфортного обслуживания пассажиров в современных городских условиях.

Большое внимание уделено вопросу оптимизации железобетонных конструкций станционного комплекса. В частности, рассмотрены с точки зрения оптимизации стоимости конструкции монолитного свода и лотковой плиты. Выдвинуты предложения о проведении испытания конструкции в лабораторных условиях.

Оптимизация конструкции свода платформенного участка станционного комплекса для применения концепции «сквозной проходки» при строительстве Минского метрополитена

Пастушков Г. П., Коликов А. О.

Белорусский национальный технический университет

Адаптация концепции «сквозной проходки» для строительства Минского метрополитена вызывает необходимость разработки новых конструктивных решений и узлов. В связи с этим, была предложена конструкция платформенного участка, соответствующая требованиям производства работ и обслуживания пассажиров.

В связи с развитием информационных технологий в области расчета методом конечных элементов и моделирования конструкции проведена работа по оптимизации свода платформенного участка станционного комплекса, разработанного для технико-экономического обоснования применения новой концепции при строительстве метрополитена в городе Минске.

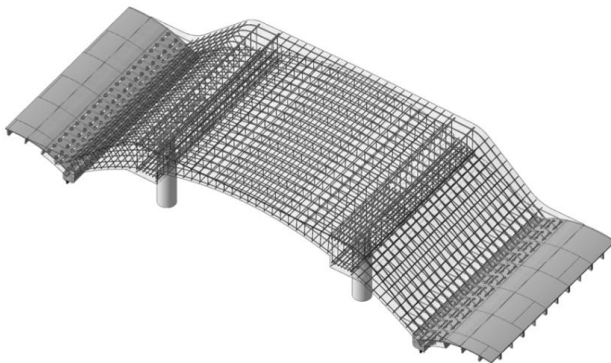


Рисунок 1 – Конструкция свода платформенного участка станционного комплекса

Автор концепции «сквозной проходки», Фролов Юрий Степанович, в результате проведения исследования, пришел к выводу, что консольная часть свода – самое ответственное место конструкции, в связи с большими растягивающими усилиями.

В настоящий момент, в результате перепроектирования и детального анализа работы разработанной конструкции на различных стадиях строительства, растягивающие напряжения в консольной части свода сведены к минимуму.

О прогнозировании долговечности мостовых сооружений

Гулицкая Л. В.

Белорусский национальный технический университет

Согласно ТКП 45-3.03-60-2009 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» при анализе результатов обследования мостовых сооружений, эксплуатирующихся более 25 лет, проводится прогнозирование их долговечности. Долговечность сооружения в рамках его обследования определяется степенью физического и морального износа сооружения на момент обследования. Под влиянием природно-климатических, техногенных факторов и человеческого фактора происходит физический износ (повреждение) конструкций. Моральный износ мостового сооружения соответствует положению, при котором сооружение перестает удовлетворять актуальным требованиям к его потребительским качествам - прежде всего, к пропускной и несущей способности, к обеспечению безопасности движения по сооружению и под ним.

Данные, полученные специалистами НИЛ МИС филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть», при обследовании мостовых сооружений с железобетонными разрезными балочными пролетными строениями:

- из тавровых балок с диафрагмами длиной 11,36 м по типовому проекту выпуск 56 «Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Пролетные строения железобетонные сборные с каркасной арматурой периодического профиля» СДП 1958 г.,

- из тавровых балок длиной 14,06 м по типовому проекту выпуск 56Д «Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах» СДП 1962 г., которые были построены, соответственно, на а/д Р-81 через р.Точница (1963г.) и на а/д М-10 через р.Бобрик (1975г.), позволили сделать следующие выводы:

- основными причинами снижения долговечности сооружений являются отсутствие гидроизоляции и деформационных швов на тротуарах, нарушение герметичности деформационных швов и гидроизоляции мостового полотна, установка балок пролетных строений на насадки опор без опорных частей, недостаточное содержание моста;

- моральный износ сооружений характеризуется несоответствием габарита проезжей части, а также высоты и конструкции ограждающих конструкций мостового полотна современным нормативным требованиям, применением диафрагменных балок пролетных строений.

Гулицкая Л. В.

Белорусский национальный технический университет

Мосты и путепроводы являются важной составной частью городского хозяйства. В связи с постоянным ростом интенсивности движения городского автомобильного транспорта, а также в связи с объективным увеличением времени эксплуатации мостовых сооружений остро встает проблема обеспечения эксплуатационной надежности городских мостовых сооружений. Решение этой проблемы тесно связано с необходимостью своевременного проведения специалистами текущих и периодических осмотров, а также плановых обследований мостовых сооружений согласно ТКП 45-3.03-60-2009 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» и выполнения всех рекомендаций по дальнейшей эксплуатации этих сооружений, которые приводятся в заключениях и отчетах по результатам обследований. Основные задачи выполнения работ по осмотру, обследованию мостов и путепроводов – это сбор и анализ информации о наличии дефектов и повреждений на сооружениях, мониторинг их развития с целью определения степени их опасности в конкретных условиях. Дефекты и повреждения могут влиять на грузоподъемность, долговечность мостовых сооружений и безопасность движения по ним и под ними.

Как показал последний опыт обследования городских железобетонных мостовых сооружений (путепроводов в г. Барановичи и в г. Пинске), основные выявленные дефекты, которые влияют на грузоподъемность, долговечность и безопасность движения по сооружениям, - это деструкция бетона элементов опор, деструкция бетона балок пролетных строений, нарушение герметичности деформационных швов, коррозия опорных частей, локальные повреждения гидроизоляции мостового полотна, разрушение заполнения стыков составных по длине балок пролетных строений, трещины силового характера по бетону балок пролетных строений, превышение толщины слоев дорожной одежды мостового полотна проектных значений, скопление строительного мусора на ригелях опор, недостаточная высота бордюрного ограждения и перильного ограждения на подходах к путепроводу и на мостовом полотне, разрушение асфальтобетонного покрытия ездового полотна в зонах деформационных швов. Основные причины возникновения дефектов – это агрессивное действие атмосферных факторов и коррозионно-активных противогололедных материалов, и прочее.

Особенности обследования сборных железобетонных балочных пролетных строений мостовых сооружений

Шиманская О. С.

Белорусский национальный технический университет

Одним из распространенных типов пролетных строений эксплуатируемых мостов и путепроводов, возведенных в период 1985 – 2000 г.г. являются сборные пролетные строения из тавровых балок длиной 12 м и 15 м. При этом такие балки, имея одинаковые геометрические размеры, могут быть с разным типом армирования:

- с каркасным армированием по типовому проекту серии 3.503-14 выпуск 5 Союздорпроекта;
- со смешанным армированием, то есть с рабочей каркасной и преднапряженной арматурой, по проектам ПМП Белгипродора.

Как показал опыт многолетних исследований, в составе пролетных строений тавровые балки длиной 12 м и 15 со смешанным армированием являются гораздо худшими с точки зрения работы по I и II группам предельных состояний, чем аналогичные балки с каркасным армированием. Поэтому, при определении грузоподъемности сооружений, очень важно определить тип армирования этих балок.

Визуально определить тип армирования тавровых балок пролетных строений длиной 12 м и 15 в большинстве случаев невозможно, так как они имеют одинаковые типоразмеры по причине того, что балки со смешанным армированием изготавливались в опалубке балок с каркасным армированием по типовому проекту серии 3.503-14 выпуск 5 СДП. Идентификацию балок при проведении натурного обследования сооружения можно сделать с помощью приборов обнаружения металлических включений в толще бетона. Такими приборами можно отследить фактическое расположение арматуры в зонах, где армирование каркасных и преднапряженных балок отличается.

При выявлении недостаточной грузоподъемности пролетных строений из балок со смешанным армированием и необходимости доведения грузоподъемности до уровня нагрузок А14 и НК-112, требуется усиление данных балок. Возможными вариантами усиления являются:

- устройство монолитной накладной плиты, включенной в совместную работу с главными балками;
- превращение разрезной конструкции в неразрезную систему;
- усиление нижней зоны балок углепластиковой преднапряженной арматурой.

**Способы повышения эксплуатационной надежности
мостовых сооружений**

Шиманская О. С.

Белорусский национальный технический университет

Большинство мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования в Республике Беларусь выполнено с применением балочных или плитных разрезных пролетных строений. В настоящее время, с введением новых эксплуатационных нагрузок, значительное их количество уже не соответствует требованиям современных норм по грузоподъемности. Однако для большинства этих сооружений существует возможность повышения их грузоподъемности и эксплуатационной надежности до уровня нагрузок А14 и НК112.

Одним из решений, применяемых для повышения грузоподъемности сооружений, является применение монолитной железобетонной плиты усиления, включенной в совместную работу со старыми элементами пролетных строений – балками или плитами. Эффект в этом случае достигается за счет увеличения рабочей высоты сечения, а следовательно за счет повышения в них предельных усилий. Для увеличения эффективности применения накладной плиты, пролетные строения, на которых она устраивается, необходимо преобразовать из разрезной схемы в неразрезную систему. Данное решение приводит к уменьшению положительных изгибающих моментов в средней части пролетов. При воздействии временной нагрузки, на опорах появляются изгибающие моменты, в результате чего пролетные моменты уменьшаются. По сравнению с разрезными балками величина предельного разрушающего момента может быть увеличена до 30%. Появляющиеся при работе по неразрезной схеме отрицательные моменты могут быть восприняты дополнительной арматурой, установленной в накладной плите в зонах над опорами. Количество этой дополнительной арматуры определяется расчетом.

Кроме этого, при устройстве неразрезных систем мы избегаемся от наиболее уязвимого элемента моста – деформационного шва, потеря герметичности которого является причиной большинства дефектов мостовых сооружений.

С помощью монолитной железобетонной плиты усиления пролетных строений можно также решить вопрос увеличения габарита проезда по сооружению, что позволит увеличить пропускную способность сооружения и повысит безопасность движения по нему.

Далидовская А. А.

Белорусский национальный технический университет

Изучение взаимодействия системы «сооружение – грунтовый массив» имеет важное значение при разработке проектов свайных фундаментов, ограждений котлованов, откосов с конструкционным креплением, высотных зданий и опор многопролетных мостов.

Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния таких массивов зачастую является единственным инструментом, способным дать адекватную качественную и количественную оценку работы системы «сооружение – грунтовый массив».

Геомеханические компьютерные модели оснований, реализованные методом конечных элементов, позволяют рассмотреть систему «сооружение – грунтовый массив» на разных стадиях строительства и эксплуатации, подробно изучить процессы вертикальных перемещений во времени и формирования напряженно-деформированного состояния грунтового массива.

Первым этапом создания таких моделей является изучение взаимодействия системы «сооружение – грунтовый массив», ее основных компонентов, устанавливаются предполагаемые предельные состояния основания. При этом должны учитываться не только нагрузки от проектируемого сооружения, но также возможное неблагоприятное влияние внешней среды. На этапе построения собственно расчетной модели выбирается подходящий математический аппарат для описания работы грунта. Определяются входные и выходные данные, принимаются упрощающие предположения об определяющих соотношениях, о граничных и начальных условиях объекта, двухмерной или трехмерной модели, стадии производства работ и/или истории напряжений, т.е. осуществляется идеализация – переход от исходной физической системы к математической модели. Далее устанавливаются окончательные параметры моделей с учетом условия функционирования объекта. Моделирование системы «сооружение – грунтовый массив» в трехмерной постановке открывает доступ к созданию полноценных комплексных моделей со сложной геометрией, геологией, граничными условиями и нагружениями. Внедрение таких методов при проектировании различных транспортных сооружений помогло бы избежать огромного количества аварийных ситуаций.

Основные факторы, учитываемые при построении расчетной модели

Далидовская А. А.

Белорусский национальный технический университет

Расчеты современных проектов сооружений, возводящихся в сложных инженерно-геологических и стесненных условиях, невозможны без применения современных программных комплексов, которые могли бы учитывать реальную работу грунта. Процесс установления параметров грунта для последующего численного моделирования является важнейшей составляющей обеспечения качества оценки напряженно-деформированного состояния грунтового массива.

Реакция сооружения на воздействия окружающей среды определяется рядом сложных физических процессов, адекватное описание которых на протяжении всего интервала действия нагрузок – от начала вплоть до разрушения конструкции – во многом проблематично.

Так, особую роль играют общие модели конструкций и их элементов – стержень, пластина, оболочка и т.п., с помощью которых конструируются полные расчетные схемы одних сооружений и части расчетных схем других, более сложных объектов.

Рассматриваемая конструкция должна быть в некотором смысле непоставимой по жесткости с отброшенным окружением. Лишь тогда можно уверенно предполагать, что нагрузку можно рассматривать как не зависящую от деформаций системы. Таким образом, стандартной идеализацией взаимодействия с внешней средой является либо задание некоторых перемещений (чаще всего нулевых) либо задание некоторого нагружения силового характера.

Не стоит забывать и о правильном выборе размеров расчетной области. Она зависит от типа рассчитываемых конструкций и может быть скорректирована в процессе создания расчетной модели

Успех расчета конструкции в большой степени зависит и от того, насколько адекватно выбранные элементы и модели в целом отражают реальную конструкцию. Выбор элементов и уровень моделирования определяются целью расчета.

Нормами рекомендовано учитывать пространственную работу конструкций, геометрическую и физическую нелинейность и пластические свойства материалов и грунтов. Трехмерное моделирование в общем случае должно учитывать последовательность проведения работ по возведению сооружения и технологию выполнения основных производственных циклов.

Методика георадиолокационного обследования участков земляного полотна железнодорожного пути на Белорусской железной дороге

Бегун Е. А.

Белорусский национальный технический университет

Появлению видимых разрушений земляного полотна предшествуют скрытые процессы (образование пустот, переувлажнение грунта земляного полотна, инфильтрация грунтовых вод и т.п.), своевременное выявление которых позволило бы вовремя принимать соответствующие меры.

Для выявления скрытых процессов разрушения земляного полотна используют приборы неразрушающего контроля, а именно – георадары типа «Око» (рис.1). Метод основан на отражении электромагнитных волн от поверхностей, на которых меняются электрические свойства. Основным параметром среды является ее диэлектрическая проницаемость. При съемке георадар перемещается вдоль земляного полотна. Электромагнитная волна в грунте отражается от границ слоев, имеющих отличные диэлектрические свойства (см. рисунок).

При обработке георадиолокационных данных выделяют полезные сигналы (отраженные от искомым объектов) на фоне других сигналов (помех, шумов и т.д.). Существует целый ряд процедур, позволяющих распознать, удалить или ослабить влияние «неполезных» волн. Как правило, для каждого георадара создается свое программное обеспечение. Программа для записи, обработки и интерпретации данных георадара «Око» называется «GeoScan32».

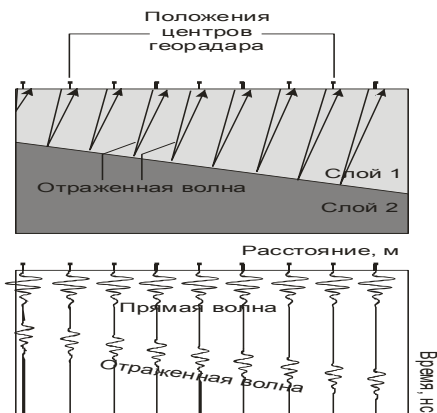


Рисунок 1 – Принцип работы георадара

Научный руководитель – В. А. Гречухин.

УДК 69.059

Особенности проекта реконструкции пешеходного путепровода через железную дорогу по ул. Тимирязева в г. Минске

Бегун Е. А.

Белорусский национальный технический университет

Пешеходный путепровод через железнодорожные пути расположен на участке Минск-Молодечно в границах станции Минск-Северный и выполнен по схеме 18,00+21,69+22,45+8,52+18,04+12,01+23,97 м, общей длиной 125,1 м и шириной прохожей части 3,2 м.

По данным обследования искусственного сооружения конструкции существующего пешеходного моста на 60-70% являются дефектными. Ремонт их требует больших вложений и является нецелесообразным. В связи с этим было принято решение о реконструкции сооружения.

Проблемы проекта реконструкции путепровода связаны с переходом физических ослабленных лиц (ФОЛ) по лестничным сходам моста. По требованиям СТБ 2030-2010 «Среда обитания для физически ослабленных лиц. Основные положения» уклон лестничных сходов не должен превышать 10%, в связи с этим при проектировании путепровода длина лестничных сходов получалась слишком большой и нецелесообразной. Для решения этой проблемы было разработано четыре варианта проекта реконструкции сооружения. В разработку был взят первый вариант (см. рисунок, где проблема перехода физически ослабленных лиц по сходам моста решена за счет устройства специальных подъемных площадок, устроенных с каждой стороны сходов моста.



Общий вид сооружения до реконструкции

Научный руководитель – В. А. Гречухин.

Основные дефекты опорных частей пролетных строений

Гречухин В. А.

Белорусский национальный технический университет

Опорные части в процессе эксплуатации подвержены силовым и несилевым воздействиям. При отсутствии своевременного обслуживания они могут выйти из строя.

Опорные части пролетных строений должны содержаться в чистоте, очищены от продуктов коррозии и окрашены атмосферостойкой краской. Рабочие поверхности стальных опорных частей смазывают графитной эмульсией, состоящей из вязкого масла с добавлением графита. Анкера и болты крепления опорных частей должны быть плотно затянуты. Защитные футляры подвижных опорных частей должны быть окрашены.

При осмотре оценивают правильность взаимного расположения опорных плит, балансиров и катков путём обмера, а также положение опорных частей на подферменниках. Однако, в ходе эксплуатации искусственных сооружений железной дороги неизбежно появление повреждений, дефектов и отказов, снижающих их эксплуатационные характеристики. В работе рассмотрены основные дефекты, возникающие в процессе эксплуатации мостов, даны основные положения по организации работ, направленных на предупреждение их появления, своевременное обнаружение, устранение и ликвидацию причин, которые вызывают появление дефектов. Работы по текущему содержанию мостов необходимо осуществлять непрерывно в течение всего срока их эксплуатации. Своевременное выявление и устранение дефектов на искусственных сооружениях железной дороги гарантирует безопасное движение поездов с установленными скоростями. Дефекты опорных частей представлены на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 – Ослаблен болт крепления опорной части



Рисунок 2 – Угон опорной части, выработка опорных зубьев

Подпорные стены и их расчет с помощью программных комплексов

Калацкий А. С.

Белорусский национальный технический университет

При расчете западного портала железнодорожного портала Дуссе-Алинского тоннеля определение напряжений в грунте и элементах подпорных стен производили с применением BIM-технологий с твёрдотельным проектированием 3d моделей (ПК Revit), и созданием трёхмерных расчетных схем с заданием всех параметров грунтов засыпки и основания. Созданные модели представлены на рисунках 1 и 2.

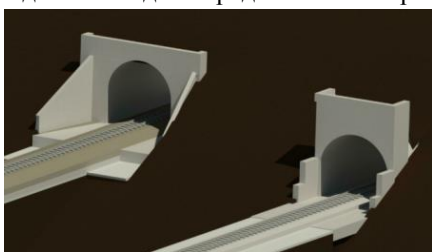


Рисунок 1 - Модель существующего и проектируемого порталов тоннеля

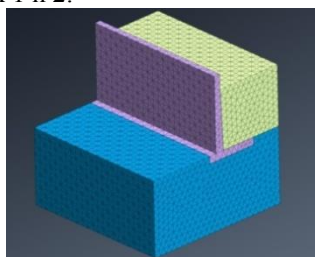


Рисунок 2 - Аналитическая расчетная модель

Полученные трёхмерные информационные модели, были перенесены в программу (Midas GTS NX). В результате расчета тонкой уголковой подпорной стены получили изополя напряжений в грунтовой и подпорной стене, представленные на рисунках 3 и 4.

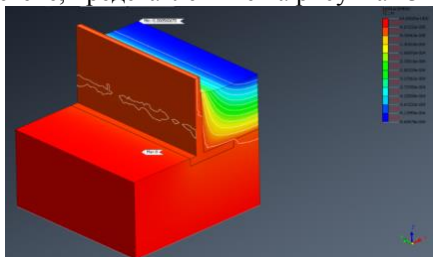


Рисунок 3 - Изополя перемещений грунта за подпорной стенкой

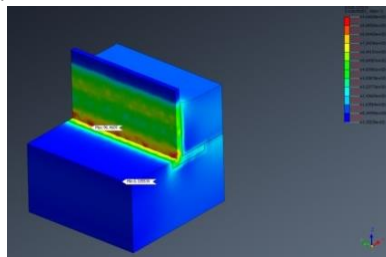


Рисунок 4 - Изополя напряжений в подпорной стенке

Полученные данные позволяют с минимальной погрешностью оценить перемещения грунта за подпорной стенкой и напряжения в подпорной стенке. Точность расчета в основном зависит от корректности исходных данных и расчетной схемы.

Косяков А. Д.

Белорусский национальный технический университет

Для монтажа пролетных строений наплав используют плавсистему, которая может состоять из плашкоута или баржи, прошедшей докование и имеющей соответствующие разрешения ГП «Белорусская инспекция Регистра». В нашем случае целесообразным оказалось применение баржи.

Исходя из условий транспортировки, баржа должна быть переоборудована с выполнением следующих работ:

- срезаются носовые и кормовые буксирные кнехты, два носовых и два кормовых швартовых кнехта, грузовой бункер, носовой и кормовой фальшборты, упор носовой (частично на уровне главной палубы);
- демонтируются якорное устройство, ручной брашпиль, мачтовое устройство;

Для обеспечения общей прочности корпуса баржи в районе ДП привариваются листы сечением 10х125 мм, по бортам – листы сечением 10х250 мм, а также подкрепляются рамные бимсы на шп. 14, 16, 78 уголок 100х100х8 мм.

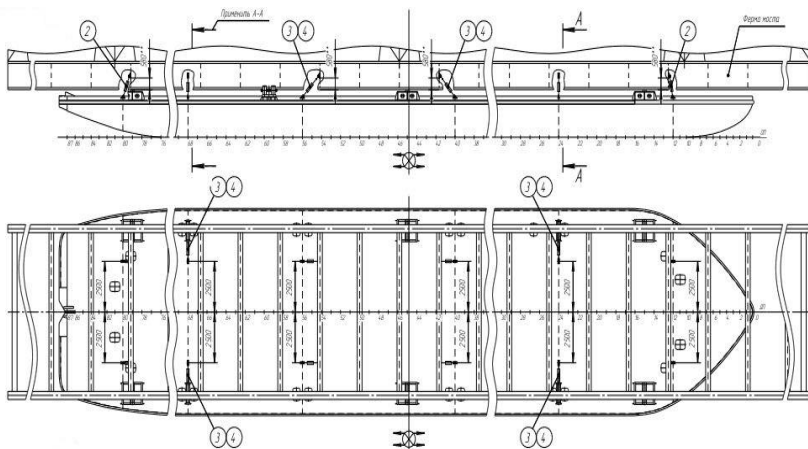


Рисунок 1 – Транспортировка фермы в проектное положение
Научный руководитель – В. А. Гречухин.

Установка стальной фермы в проектное положение с применением плавучей опоры

Косяков А. Д.

Белорусский национальный технический университет

Одним из вариантов монтажа пролетных строений является монтаж с использованием плавучих опор, в качестве которых для установки металлических ферм на опоры моста может использоваться плавсистема из двух барж, соединенных между собой поперечными балками и переставляемых с помощью лебедок к опорам моста.

При недостаточном уровне воды в ковше используется дополнительная баржа для перестановки фермы на предварительно подготовленную площадку. Одним из этапов работы являлся расчет прочности баржи. Он показал, что прочность корпуса с учетом связей обеспечивается при условии установки на палубе в районе ДП листов сечением 10×125 мм, по бортам – листов сечением 10×250 мм, а также подкрепления рамных бимсов на шп. 14, 16, 78 уголком $100 \times 100 \times 8$ мм. Перед монтажом фермы на палубе баржа обустраивается десятью опорными площадками высотой 0,5 м.

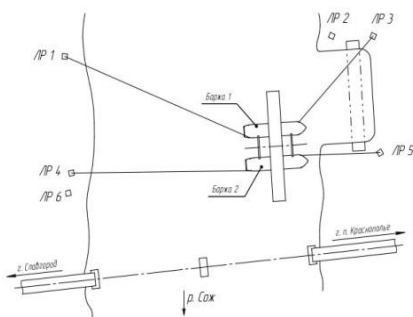


Рисунок 1 – Погрузка фермы на плавучую систему

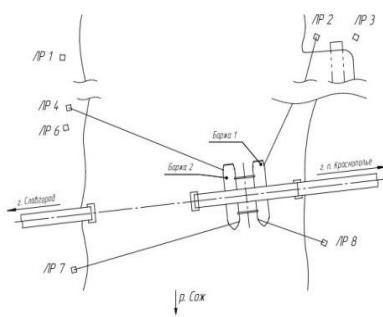


Рисунок 2 – Установка фермы в проектное положение

После установки фермы на палубе для предотвращения смещений фермы в продольном и поперечном направлениях производится оборудование баржи и фермы обухами, талрепами с допускаемой нагрузкой 20 тс и скобами с допускаемой нагрузкой 25 тс.

Научный руководитель – В. А. Гречухин.

**Монолитное железобетонное пролётное строение путепровода
в составе городской транспортной развязки**

Савицкий Р. П.

Городские транспортные развязки являются важной частью инфраструктуры любого крупного современного города. В данной работе описаны пролётные строения путепроводов в составе транспортной развязки в виде кольцевого пересечения, возводимой на данном этапе в составе Западного обхода г. Бреста.

Пролётное строение кольцевого участка - монолитная железобетонная плита высотой $h = 0,9$ м, армированная каркасной арматурой. Ширина плиты пролётного строения по низу переменная – 15,7-18м. По статической схеме пролётное строение “кольца” представляют собой четыре пятипролётные неразрезные рамы. Длина пролётов 16–18 м. Для уменьшения собственного веса пролётного строения применяются пустотообразователи - двухслойные гофрированные трубы 630/535SN8 типа «Корсис», установленные с шагом 0,78 м. В надпорных участках пролётного строения пустотообразователи не устанавливаются.

Монолитное пролетное строение выполняется на сплошных подмостях, установленных на железобетонных плитах, уложенных на щебеночном основании. В качестве подмостей используются инвентарные опорные леса опалубочной системы STAXO 100 или других систем (PERI; Гамма Рамакс). Поверх лесов устраивается сплошной настил из ламинированной фанеры. В местах прохождения автомобильных дорог и железнодорожных путей для устройства подмостей применяются индивидуальные металлоконструкции. Подача бетона при устройстве монолитного пролетного строения осуществляется передвижными бетононасосами. Бетонирование монолитного пролетного строения выполняется в три этапа на каждой раме.

Бетонирование пролетного строения осуществляется в опалубке на сплошных подмостях и выполняется в три этапа:

1. Бетонирование сплошной плиты по всей поверхности опалубки в пролетах и в надпорных участках высотой 250мм - бетоном В35 F200 W8 П4;
2. Бетонирование пролетного строения на оставшуюся на высоту 650мм (за исключением надпорных участков) - бетоном В35 F200 W6;
3. Бетонирование надпорных участков на оставшуюся высоту 650мм - фибробетон В35 Вt1,6 F200 W8 П2.

Композиционные вяжущие для ремонта мостовых конструкций

Лосев А. Ю.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время остро стоит вопрос о ремонте железобетонных мостовых конструкций, которые были подвержены воздействию окружающей среды и нагрузок. Наибольшее воздействие агрессивная окружающая среда и статические и динамические нагрузки оказывают на конструкции в зоне деформационных швов, конструкции опоры, балки пролетного строения, надпорные участки (рисунок 1).



Рисунок 1. Разрушение подферменников и балки пролетного строения, образование трещин в ригеле опоры

В связи с этим стоит задача в разработке нового композиционного вяжущего для ремонта мостовых конструкций, находящихся в непригодном для дальнейшей эксплуатации состоянии.

В рамках работы было проанализировано состояние мостовых конструкций, произведен поиск материалов, применяемых для реконструкции за рубежом. Произведена работа по повышению эффективности композиционных вяжущих для ремонта.

В широкой степени освещен вопрос требований к вяжущим и бетонам, влияния вида и состава вяжущего на свойства бетона, микроструктуры контактной зоны композиционного вяжущего в зависимости от свойств компонентов.

Помимо разработки композиционного вяжущего для ремонта мостовых железобетонных конструкций с повышенной эффективностью и улучшенными свойствами, так же разработана технологии подготовки конструкции, нанесения композиционных вяжущих на конструкцию и ухода за композиционным вяжущим.

Научный руководитель – Ляхевич Г. Д.

Особенности расчета деревянных балок пролетных строений с использованием преднапряжения

Костюкович О. В.

Белорусский национальный технический университет

В виду того, что с 2015 года окончился пятилетний период перехода на европейские нормы проектирования и строительства – Еврокоды – в Республике Беларусь (приказ МАиС №404 от 10.12.2009 г.) все расчеты деревянных конструкций производятся в соответствии с ТКП EN 1995-1-1-2009 «Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий» [1] [12].

Согласно п. 6.1.5 ТКП EN 1995-1-1-2009 [1] расчет поперечного сечения по первой группе предельных состояний прямой цельной древесины на сжатие перпендикулярно волокнам следует производить следующим образом:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad (1)$$

при
$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_d}, \quad (2)$$

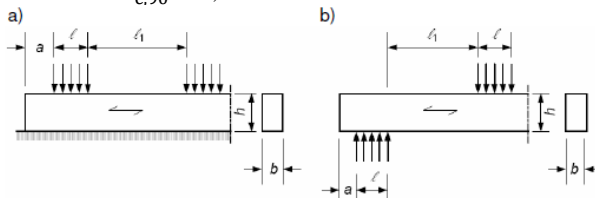
где $\sigma_{c,90,d}$, $F_{c,90,d}$, $f_{c,90,d}$ – расчетное сжимающее напряжение, усилие, сопротивление в зоне эффективного контакта соответственно, перпендикулярно волокнам;

A_{ef} – эффективная площадь контакта перпендикулярно волокнам;

$k_{c,90}$ – коэффициент, учитывающий конфигурацию нагрузки, возможность раскалывания и степень деформации сжатия.

Эффективную площадь контакта перпендикулярно волокнам A_{ef} следует определять с учетом эффективной длины контакта параллельно волокнам, которая равна фактической длине контакта l , увеличенной на 30 мм в каждую сторону, но не более чем на a , l или $l/2$ (рисунок).

Величина $k_{c,90}$ принимается равной 1,0 пока не выполняется условие данного параграфа. В таких случаях следует принимать наибольшее значение $k_{c,90}$ но не более $k_{c,90} = 1,75$.



Элемент на непрерывной (а) и отдельных (б) опорах

Прогрессивные конструкции из дерева

Костюкович О. В.

Белорусский национальный технический университет

Около 40 лет назад С. Турковский предложил усилить деревянные клееные конструкции, вклеивая в них под различными углами к волокнам древесины металлические стержни, что обеспечивает максимальную прочность древесины КДК при растяжении ее волокон как вдоль, так и поперек. Эту технологию он назвал системой ЦНИИСК. Балки могут иметь разные очертания и формы, позволяющие получить привлекательные интерьеры помещений. На практике имеют место гнуто-клееные, выгнутые кверху или книзу, волнообразные, вспарушенные, переменного по длине и ширине сечения, составные с окнами и многие другие. Благодаря жестким стыкам ЦНИИСК разработаны кессонные балки (балочные клетки), работающие в двух направлениях. Первые двускатные гнуто-клееные балки с поперечным армированием в средней зоне от действия разрывающих напряжений поперек волокон были применены в 1975 г. при строительстве летнего актового зала в пос. Протвино. Балки пролетом 15 м, сечением 140×750 мм, установленные с шагом 3 м, были усилены вклеенными стержнями из арматуры 14-го класса А400 на клее ЭПЦ-1. В зарубежной практике для этой цели в аналогичных конструкциях использовались различные внешние хомуты, болты, накладки, что существенно ухудшало внешний вид и не всегда было эффективным решением, особенно при усушке древесины. В 1998 году у Ярославского шоссе г. Москва через МКАД по проекту австрийской фирмы построен мост из клееной древесины в виде двух наклонных арок пролетом около 60 м. Затяжки арок на стальных подвесках являются пролетным строением этого пешеходного моста.

При проектировании арок предусматривались конструктивные меры защиты их от атмосферных воздействий. В частности, в конструкции не допускались разнообразные полочки и гнезда, на которых могли бы скапливаться осадки, торцы антисептировались и закрывались локальными кровлями. По завершении строительных работ ОАО «Союздорпроект» проведены динамические испытания моста по специальной программе, с записью деформаций и колебаний моста. Подвижная и статическая нагрузки в разных комбинациях создавались специально инструкторованной группой солдат (400 человек). По результатам испытаний мост сдан в эксплуатацию.

Данный мост представляет интерес не только с точки зрения оригинальных конструктивных решений, но и в первую очередь с позиций долговечности клееных деревянных конструкций, эксплуатирующийся на открытом воздухе.

Определение частот собственных колебаний пролётных строений мостов

Ходяков В. А.

Белорусский национальный технический университет

Для исследования вопроса резонанса необходимо собрать большое количество статистических данных об амплитудно-частотных характеристиках свободных колебаний пролётных строений мостов. Получить такие данные можно по средствам установки на пролётное строение тензометрического или виброметрического оборудования.

Для сбора данных нет необходимости перекрывать движение и организовывать полномасштабное испытание. Достаточно записать виброграммы колебаний пролётного строения от прохождения по нему повседневной транспортной нагрузки.



Рис. 1 – Виброграмма пролётного строения эксплуатируемого моста.
Получена с использованием тензометрии

Обработав полученную виброграмму можно определить собственную частоту колебания пролётного строения моста.

Существует ряд проблем, которые могут повлиять на правильность результатов измерения собственных амплитудно-частотных характеристик пролётного строения моста. Первое это нахождение подвижно нагрузки на пролётном строении в момент, когда оно совершает колебательные движения. Второе это влияние собственной частоты колебания подвески автомобиля на формы колебаний пролётного строения.

Существует так же другие способы вызвать возмущение колебаний пролётного строения моста. Это проезд подвижной нагрузки по искусственной неровности или же сбрасывание на или с пролётного строения груза относительно большой массы. Однако эти два способа требуют более серьёзной подготовки, нежели просто измерение виброграмм при нормальной эксплуатации сооружения.

Определение фактического динамического коэффициента к статической нагрузке по результатам испытания.

Ходяков В. А.

Белорусский национальный технический университет

Фактический динамический коэффициент к статической нагрузке можно определить по результатам динамического испытания моста. В процессе динамического испытания гружёный заранее определённой нагрузкой грузовой автомобиль набрав определённую скорость проезжает по мосту.

При проезде по мосту грузовой автомобиль неизбежно совершает наезд на естественные препятствия в виде неровностей покрытия. Деформационные швы пролётных строений являются основным источником возникновения ударных воздействий подвижной нагрузки на пролётное строение. Кроме того, не стоит забывать и о том, что при проезде по пролётному строению, оно деформируется под действием нагрузки, что так же создаёт определённые неровности. Часто на мостах Республики Беларусь имеется большое количество других неровностей, которые являются дефектом строительства либо появляются в процессе эксплуатации.

Проезд автомобиля по неровностям покрытия мостового полотна вызывает ударные воздействия. Величина этих ударных воздействий зависит от скорости движения нагрузки. Получив тензометрические виброграммы поведения пролётного строения их следует сравнить с результатами статического испытания.

При условии, что тензометрические измерения были произведены в одной и той же точке, а лучше одним и тем же датчиком, фактический динамический коэффициент можно получить, поделив предельные значения напряжений по результатам динамического испытания на предельные значения напряжений по результатам статического испытания.

Фактический динамический коэффициент можно так же определить в процессе нормальной эксплуатации моста без необходимости организации специального испытания. В этом случае динамический коэффициент можно приближённо вычислить как отношение абсолютного пикового значения напряжения к среднему пиковому значению без учёта колебательных движений пролётного строения моста.

Применение тензометров при проведении испытаний мостовых сооружений

Шикуть К. К., Пастушков В. Г.

Белорусский национальный технический университет

Испытания мостовых сооружений необходимо проводить при благоприятных погодных условиях, при которых возможна нормальная работа тензометрического оборудования. Проведение испытаний запрещается при температуре наружного воздуха ниже минус 20 °С. При выявлении во время производства работ дефектов и повреждений, которые могут привести к резкому снижению грузоподъемности моста или обрушению конструкций, следует немедленно сообщить об этом эксплуатирующей организации и заказчику работ.

При статических испытаниях железобетонных пролетных строений без дефектов защитного слоя бетона, надежным сцеплении арматуры с бетоном деформации растянутой зоны практически идеально совпадают с деформациями в растянутой рабочей арматуре. Поэтому измеренные деформации в бетоне от испытательной нагрузки могут быть пересчитаны в деформации арматуры с последующим определением действующих усилий или напряжений. При поврежденном защитном слое и коррозии рабочей арматуры следует устанавливать тензометры непосредственно на рабочие стержни с предварительной их очисткой.

Определение класса пролетного строения с использованием тензометров можно записать в виде:

$$K = \frac{(R_s - \sigma_{II})k_{экв}}{\sigma_{II}k_n(1 + \mu)},$$

где σ_{II} и σ_{II} – напряжения в растянутой арматуре, вызванные постоянной и испытательной нагрузками соответственно; $k_{экв}$ – эквивалентная нагрузка от испытательной нагрузки; k_n – эталонная временная нагрузка по схеме Н-1; $(1 + \mu)$ – динамический коэффициент.

Не менее важным является составление адекватной расчетной схемы и определение фактического напряженно-деформированного состояния основных элементов конструкций главных балок пролетных строений, относительных деформаций ϵ_1 , напряжений σ_1 , прогибов Δ_1 и сравнение теоретических (расчетных) данных с результатами, полученными во время испытаний конструкций пролетных строений.

Методы определения деформаций железобетонных конструкций мостов при проведении испытаний

Шикуть К. К.

Белорусский национальный технический университет

Для исследования прочности конструкций мостовых сооружений, а также проверки расчета таких конструкций и уточнения отдельных расчетных параметров производят натурные измерения, имеющие целью определения напряжений через полученные деформации, возникающих в этих конструкциях под действием различных нагрузок.

Наиболее распространенными методами определения деформаций в железобетонных конструкциях являются тензометрические измерения. Для последних применяются механические, струнные и электронные тензометры. При испытании мостовых сооружений широкое распространение получили механический тензометр Гугенбергера, индикаторы часового типа и электромеханические тензометры.

Применение тензометров кропотливо и связано с определенными трудностями, так как требует закрепления их на поверхностях испытуемых сооружений. Наклейка электромеханических тензометров на бетон сложна, особенно, если учесть необходимость тщательной зачистки бетона, поверхность которого обычно имеет значительные неровности. Перед наклейкой датчиков требуется просушивание бетона. Однако, и при тщательном выполнении этих операций не всегда обеспечивается достижение точности и совпадения повторных результатов измерений.

Все указанное вызывает необходимость применения современных электронных тензометров, которые позволяют проводить измерения относительных деформаций в автоматизированном онлайн режиме. Электронные тензометры входят в систему контроля за напряженно-деформированным состоянием строительных конструкций мостовых сооружений с периодической записью данных.

Важнейшей задачей является определение предупреждающих и аварийных критериев, при достижении которых требуется принятие соответствующих мер вплоть до остановки испытания. Также необходимо разделять статические и динамические воздействия на конструкции и использовать специальное оборудование. Рекомендуется для статических испытаний использование струнных электронных тензометров, а для динамических – индуктивных датчиков. Одним из определяющих факторов является вычисление относительной деформации конструкции с учетом температурных эффектов.

Анализ существующих методик расчета сжатых трубобетонных колонн

Яковлев А. А.

Белорусский национальный технический университет

Если рассматривать расчетно-теоретическую сторону трубобетона, то с уверенностью можно утверждать, что наиболее глубоко и многосторонне теория расчета прочности трубобетона была разработана в бывшем Советском Союзе. Большинство исследователей пользовалось подходами к расчету прочности трубобетона, применяемыми в теории железобетона. Касательно центрального сжатия трубобетона обычно использовалась суперпозиционная зависимость:

$$N_{sb} = \alpha \cdot A_b \cdot R_b + \beta \cdot A_s \cdot R_s$$

где: A_b, A_s - площади поперечного сечения бетона и трубы;

R_b, R_s - расчетные сопротивления бетона и стали;

α, β - некие, главным образом эмпирические, коэффициенты.

Почти все преимущественное внимание уделяют прочности материала в рассматриваемых условиях. При этом под прочностью понимается, как правило, максимальное разрушающее усилие, которую может воспринимать образец. Предложенные варианты расчетов не учитывают физической сущности процесса деформирования и разрушения.

В данной работе использовался расчетный комплекс MIDAS GTS NX. Для геометрического моделирования в программном комплексе могут быть использованы различные библиотеки конечных элементов. В объемной модели учитывают все шесть компонент деформации и матрицу записывают в виде:

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{du}{dx} \\ \frac{dv}{dy} \\ \frac{dw}{dz} \\ \frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx} \\ \frac{dv}{dz} + \frac{dw}{dy} \\ \frac{dw}{dx} + \frac{du}{dz} \end{Bmatrix}$$

Особенности расчета трубобетонных колонн

Яковлев А. А.

Белорусский национальный технический университет

Устройство монолитной накладной плиты на изгибаемых железобетонных элементах позволяет усилить сжатую зону сечения и не допустить разрушения по ней конструкции. Также является наиболее рациональным решением с точки зрения долговечности конструкций. Данное решение позволяет усилить сжатую зону сечения и не допустить разрушения по ней конструкции, таким образом, трещинообразование будет начинаться в растянутой зоне, что позволяет его контролировать в процессе эксплуатации конструкции.

Вводя в расчеты конструкций усиления пролетных строений мостов, возникающие силы трения на границе контакта поверхностей, в том числе при установке временной нагрузки, позволяет подходить более рационально к установке арматурных выпусков, а в некоторых местах и вовсе от них отказаться.

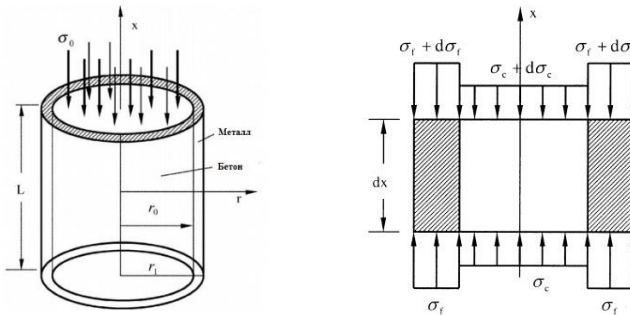


Рисунок 1 – Общий вид трубобетонной колонны под нагрузкой

Для того, чтобы определить возникающие в сечении напряжения необходимо соблюдать условия равновесия.

Пусть $u(x, r)$ осевые перемещения в бетоне, а G_c модуль сдвига в бетоне, тогда:

$$\tau = G_c \frac{du}{dr}.$$

Организация дорожного движения и перевозок пассажира и груза

**Экспертиза дорожных условий и условий движения
и определение размера вреда**

Сахарчук А. И., Лукьянчук А. Д.
Белорусский государственный университет

Порядок определения размера вреда, причиненного ТС, устанавливается согласно Правилам определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП. Размер вреда определяется оценщиком страховщика (Бюро) либо исполнителя оценки. Определение размера вреда осуществляется в следующем порядке (п. 8 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП): проводится осмотр поврежденного ТС в порядке, установленном в гл. 4-7 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП (осмотр поврежденного ТС, идентификация ТС, определение состояния поврежденного ТС и его частей, фотосъемка поврежденного ТС); определяются исходные данные для расчета размера вреда в порядке, установленном в гл. 8-11 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП (определение идентичного (аналогичного) ТС, пробега ТС, срока эксплуатации и износа частей ТС, износа шины и АКБ); рассчитывается стоимость ремонта поврежденного ТС (в том числе стоимость ремонта по устранению дефектов эксплуатации ТС) в порядке, установленном в гл. 12 - 15 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП (определение стоимости одного нормо-часа ремонтных работ ТС, стоимости заменяемых частей, стоимости материалов для ремонта ТС, стоимости ремонта ТС); определяется стоимость ТС в порядке, установленном в гл. 16 - 21 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП (выбирается метод оценки стоимости ТС, определяются утилизационная стоимость ТС и утрата товарной стоимости ТС); рассчитывается размер вреда в порядке, установленном в гл. 22 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП; составляется заключение о размере вреда; формируется пакет документов по определению размера вреда для осуществления выплаты страхового возмещения; - стоимость ТС или стоимость ремонта ТС рассчитывается при необходимости. Определение размера вреда оценщиком исполнителя оценки производится на основании договора об оказании услуг по определению размера вреда, заключенного между заказчиком и исполнителем оценки в письменной форме (п. 9 Правил). Для выявления скрытых дефектов либо сопоставления необходимых и возможных повреждений, нанесенных транспортным средствам назначается автотехническая экспертиза, которая проводится специалистами (учреждением) имеющими свидетельство (лицензию) на право выполнения данных работ в соответствии с профилем исследований.

**Устранение несоответствий при несогласии
с размером оценки ущерба ТС от ДТП**

Лукьянчук А. Д., Сахарчук А. И.
Белорусский государственный университет

При несогласии с размером вреда или результатами осмотра транспортного средства нужно обратиться к страховщику (Бюро по транспортному страхованию. Далее – Бюро), оформившему документы на выплату страхового возмещения, с заявлением. При необходимости создается комиссия для проведения повторного осмотра транспортного средства или повторного определения размера вреда (ч. 1 п. 240 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате дорожно-транспортного происшествия. Далее – ДТП).

По результатам повторного осмотра оформляется акт осмотра и составляется заключение о размере вреда. Все расходы по проведению повторного осмотра транспортного средства и определению размера вреда первоначально оплачивает заявившая о необходимости данной процедуры сторона.

Необходимо отметить, что в случае если размер вреда, определенный повторно, будет отличаться от первоначального более чем на 5% (но не менее пятикратного размера БВ, установленной на дату проведения повторного осмотра), то страховщик (Бюро) возмещает расходы по проведению данного осмотра и вправе восстановить их в установленном законодательством порядке за счет исполнителя оценки, проводившего первоначальный осмотр.

В случае когда размер вреда, определенный повторно, будет отличаться от первоначального размера вреда на величину менее величины, указанной в ч. 4 п. 242 Правил определения размера вреда, причиненного транспортному средству в результате ДТП, понесенные стороной расходы по проведению повторного осмотра не возмещаются (п. 242 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП).

На основании составленного заключения о размере вреда страховщик (Бюро) производит потерпевшему выплату страхового возмещения.

Если страховое возмещение было выплачено на основании документов, составленных по результатам первоначального осмотра транспортного средства, страховщик (Бюро) производит доплату страхового возмещения при условии его недоплаты либо восстановление суммы страхового возмещения в установленном законодательством порядке при условии его переплаты (п. 243 Правил определения размера вреда, причиненного ТС в результате ДТП).

**Разработка эффективной технологии управления светофорной
сигнализацией на базе концепции управления
по сигнальным группам (Часть 1)**

Саражинский Д. С.

Белорусский государственный университет

Поскольку светофорное регулирование является ключевым элементом в управлении дорожным движением в городах, существует значительный спрос на технологии, позволяющие наиболее эффективным образом организовать автоматическое (программное) управление светофорной сигнализацией. Под эффективностью организации программного управления здесь следует понимать соотношение между – какая выгода может быть получена от запрограммированной системы управления, – сколько ресурсов тратится на то, чтобы запрограммировать и поддерживать в надлежащем состоянии программное управление этой системы.

Как известно, инженеру-технологу в общем случае приходится (в той или иной мере) выполнять следующие базовые активности: а) разработка алгоритма управления; б) написание программы управления (кодирование алгоритма в виде программы); в) анализ и контроль работы системы под руководством программы управления (анализ и контроль соответствия между «как это должно было работать» и тем «как оно работает в реальности»); г) корректирование/модификация программы с целью изменения поведения системы (адаптация к новым ситуациям и/или исправление ошибок). Соответственно, в качестве базовых показателей качества той или иной технологии (с точки зрения возможности эффективной организации программного управления) могут быть рассмотрены: – степень предметной полноты (степень обширности проблемных ситуаций в предметной области, которые могут быть сформулированы и решены в рамках данной технологии); – программируемость (степень простоты осуществления программирования (кодирования) целевого поведения системы); – анализируемость (степень простоты предсказания поведения запрограммированной системы по программному коду); – модифицируемость (степень простоты осуществления изменения целевого поведения системы за счет изменения программного кода).

**Разработка эффективной технологии управления светофорной
сигнализацией на базе концепции управления
по сигнальным группам (Часть 2)**

Саражинский Д. С.

Белорусский государственный университет

В общем случае можно выделить два класса таких технологий: управление на основе сигнальных тактов (stage based control) и управление на основе сигнальных групп (signal group base control).

Типично, эти показатели конкурируют между собой, потому до настоящего времени не перестают предприниматься попытки найти технологию с разумным компромиссом между ними.

Технологии на основе тактов за счет того, что предполагают сильно связанное между собой (для всех регулируемых направлений) поведение сигналов, как правило, оказываются достаточно простыми в программировании и сопровождении, но в то же время и достаточно бедными в предметной полноте. Технологии же управления на основе сигнальных групп, наоборот, в условиях отсутствия таких ограничений демонстрируют высокую степень предметной полноты, но из-за этого же и очень высокую сложность, особенно в сопровождении (анализируемость, модифицируемость). В качестве одной из достаточно удачных попыток найти «золотую середину» между этими двумя классами можно рассматривать используемую в настоящее время в США технологию управления по кольцам (ring-barrier control).

Однако она все же имеет ряд существенных ограничений (как, например, необходимость синхронного выключения сигналов при достижении барьеров), снижающих ее гибкость и увеличивающих сложность при попытке их обойти. По этой причине данную технологию нельзя признать оптимальным вариантом технологии для эффективной организации программного управления светофорной сигнализацией (доказательством этому косвенно может служить ограниченность распространенности данной технологии и поднимаемые американскими экспертами вопросы о ее пересмотре [1]), а потому все еще остается не закрытым вопрос о поиске соответствующей «золотой середины». Именно попытке решения этой проблемы и предполагается посвятить данную работу.

**Концептуальные подходы к анализу вариантов
планировочных решений транспортных узлов**

Кузьменко В. Н., Мозалевский Д.В., Муравьева Н. С., Красильникова А. С.,
Артюшевская Н. В., Горелик Е. Н., Коржова А. В., Гамульский И. К.
Белорусский национальный технический университет

Одним из важнейших аргументов при принятии решения и выборе планировочного решения для узла магистральных улиц является согласованность его характеристик с общим подходом (концепцией) к формированию планировочной структуры дорожной сети города. В зависимости от концепции планировочной структуры формируются характеристики основных транспортных потоков на территории города (направление, интенсивность, состав, скорость).

Поэтому характеристики каждого узла магистральной сети должны рассматриваться с учетом его «вписанности» в общий концептуальный подход к распределению транспортных потоков по дорожной сети города. В настоящее время в г. Минске отсутствует окончательно сформированная концепция распределения транспортных потоков.

При достигнутом уровне автомобилизации удовлетворительные условия движения могут быть достигнуты только при структурированной дорожной сети, которая в Минске не реализована в первую очередь из-за недостаточной протяженности участков дорожной сети преимущественно «транспортного назначения». К категории магистральных улиц непрерывного движения (МУНД), позволяющих полноценно обслуживать транспортные потоки высокой интенсивности, относится только Минская кольцевая автомобильная дорога. Для территории 346 км² не хватает хотя бы нескольких МУНД, проходящих не вокруг застроенной территории, а «через нее». Важнейшим условием является «связность» сети МУНД (соединение ее участков между собой), чтобы транспортные потоки высокой интенсивности не «упирались» в «горлышки» из участков дорожной сети с более низкими параметрами.

Первый подход основан на сложившейся радиально-кольцевой планировочной структуре дорожной сети г. Минска, которая включает в перспективе три кольцевых магистралей (1-е Кольцо, 2-е Кольцо, 3-е Кольцо-спираль).

Второй подход предполагает создание более редкой, но «связной» сети МУНД на территории города с внешней «опорой» на МКАД. При этом участки «внутренних» МУНД могут включать как участки существующих (или реконструируемых) радиальных магистралей, так и отдельные участки дорожной сети, в настоящее время включенных в одну из кольцевых магистралей.

Использование радиально-кольцевой планировочной структуры Минска для повышения эффективности дорожного движения

Кузьменко В. Н., Мозалевский Д. В., Муравьева Н. С., Красильникова А. С.,
Артюшевская Н. В., Горелик Е. Н., Коржова А. В., Гамульский И. К.
Белорусский национальный технический университет

1-е и 2-е кольца в категорию МУНД на всем протяжении даже в перспективе переведены быть не могут из-за недостаточной территории для формирования узлов в разных уровнях в ключевых узловых пунктах. При этом имеются некоторые возможности для улучшения условий движения по этим кольцевым магистралям (путем корректировки режимов светофорного регулирования за счет некоторого «ущемления» радиальных магистралей, устройства местных локальных уширений, перераспределения полос по направлениям и т.п.) без радикальной перестройки узловых пунктов.

3-е Кольцо находится в стадии постепенного формирования и проходит (будет проходить) на большом протяжении по участкам территории, на которых в настоящее время имеется возможность устройства узлов в разных уровнях. При этом на целесообразность устройства узла в разных уровнях в большой степени влияют следующие факторы:

очередность сооружения участков 3-го кольца (так как формирование его на всем протяжении займет несколько десятилетий), при этом в первую очередь необходимы участки, соединяющие соседние районы городской территории, разделенные железнодорожными линиями и р. Свислочь;

сохранение «связности» с остальной сетью МУНД (на первом этапе – с МКАД) при строительстве 3-го кольца по параметрам МУНД. Отсутствие радиальных «связок», сформированных по параметрам МУНД, между МКАД и 3-м Кольцом, в значительной степени «погасит» преимущества, полученные от сооружения 3-го кольца по параметрам МУНД.

Вывод о наиболее рациональном планировочном решении может оказаться различным при реализации первого или второго концептуальных подходов, так как значимость узла для магистральной сети в каждом из вариантов может оказаться разной;

При определении целесообразности формирования узла в разных уровнях существенное значение имеет вид (схема) транспортного узла. Планировочная схема «клеверный» лист в условиях крупнейшего города с соответствующими интенсивностями транспортных потоков обладает существенными недостатками (ограничение пропускной способности в зоне переплетения левоповоротных потоков разных направлений, приоритет потоков прямого направления с «ущемлением» левоповоротных потоков).

Проблема парковки в городах

Баханович А. Г.

Белорусский национальный технический университет

Эти проблемы возникли в различных городах мира примерно на рубеже автомобилизации порядка 300 автомобилей на 1000 жителей. Минск уже превзошел этот рубеж. На рисунке 1 показан пример размещения уличных парковок в различных городах Европы.

Однако города могут адаптироваться не только к этому рубежу, но и ко всем последующим (отметку в 500–600 автомобилей превзошли сегодня города всех стран с высоким уровнем дохода на душу населения, рекорд автомобилизации населения давно перевалил рубеж в 800 автомобилей).

Важно соблюдать следующие принципы. Принцип № 1. Пешеход важнее автомобиля. Трамвай, троллейбус, автобус важнее автомобиля. Едущий автомобиль важнее припаркованного. Соответственно парковка немислима на тротуаре, во дворе (если этот двор не находится в вашей частной собственности) и, разумеется, везде, где вы можете хоть чем-то помешать движению автомобилей и работе общественного транспорта.

Принцип № 2. Каждый участок городского пространства – улицы, проезды, тротуары, дворы и т.д. – имеет собственника. Собственником является либо исполком, либо владелец дома, либо владельцы квартир, объединенные в кондоминиум (или в кооператив). Парковка, не санкционированная собственником – правонарушение.

Принцип № 3. Парковка за немногими исключениями – платная. Плата за парковку прогрессивно возрастает по мере приближения к центральной части города.



Рим (Италия)



Ладборо (Велиобритания)

Рисунок 1 – Пример размещения уличных парковок

Уровень транспортной системы

Капский Д. В.

Белорусский национальный технический университет

На рисунке 1 представлены сценарии развития уровней автомобилизации для города Минска. Сценарии привязаны к транспортным системам Стокгольма, Варшавы и Торонто.

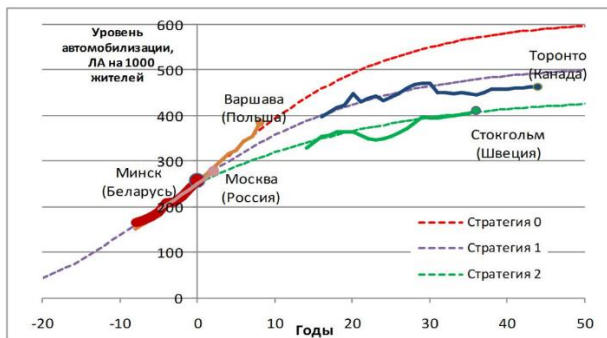


Рисунок 1 – Развитие автомобилизации в некоторых странах

Уровень качества транспортных систем для разных городов мира представлен на рисунке 2.

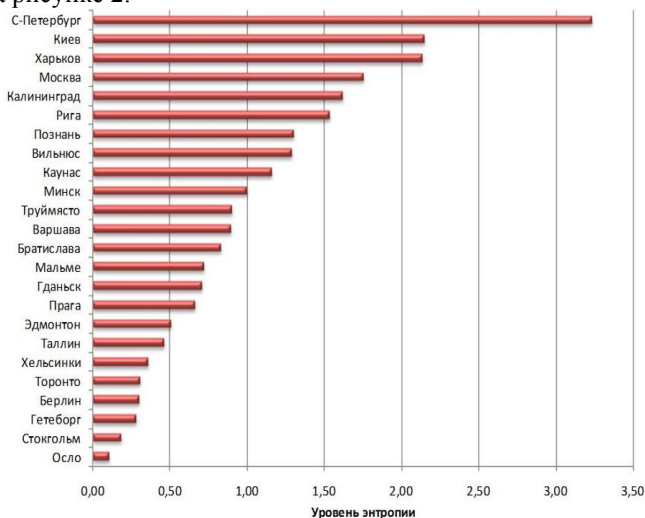


Рисунок 2 – Уровень качества транспортных систем

Становление подходов к обеспечению безопасности движения

Головнич А. К., Иванов В. П.

Полоцкий государственный университет

В связи с признанием ключевыми причинами аварийности индивидуальных особенностей водителей, их неадекватных моральных качеств и умений была принята на вооружение концепция «трех Е» (“Enforcement”, “Education”, “Engineering” – “принуждение”, “обучение”, “проектирование”). Она предложена в 1920-е годы американским экспертом по автострахованию Джулианом Харвеем. Акцент был сделан на сферу навыков, умений и психологии водителей и участников дорожного движения.

В рамках этой концепции, в частности, было признано непродуктивным отнесение аварий, особенно аварий со смертельным исходом, на сопутствующие неудовлетворительные дорожные условия. Автовладелец в качестве водителя, правильно обученного (“education”) и правильно мотивированного (“enforcement”), обязан адаптироваться к фактическим дорожным условиям, т.е. выбирать режимы движения, позволяющие во всех случаях избегать аварий с тяжелыми последствиями.

В 80 годах произошла трансформация в Концепцию «четырёх Е» – «Engineering», «Education», «Enforcement» and «Emergency response» (реагирование на чрезвычайные ситуации – комплексное решение задач экстренной связи и вызова, транспортного обеспечения медицинских бригад, а также непосредственно медицинских вопросов методического, технологического, фармакологического плана).

Также известна Концепция «Трёх «D» – Dangerous, Drunk and Drugged Driving, суть которой сводится к выявлению и пресечению фактов опасного вождения, а также вождения в состоянии алкогольного и/или наркотического опьянения.

На первое место в этой триаде неслучайно ставится именно опасное вождение, признаки которого можно и должно сделать предметом эффективного контроля: не все водители, практикующие опасное вождение, находятся под воздействием алкоголя, и не все водители, употреблявшие алкоголь, управляют автомобилем опасно.

Очевидно, что опасное вождение может быть вызвано не только алкоголем и наркотиками, но и многими прочими причинами; например, уверенностью в безнаказанности.

Результаты выполнения Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в г. Минске в 2005-2015 гг.

Капский Д. В., 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 движения в городе Минске, комплексы мер по сокращению уровня аварийности на дорогах, снижению тяжести последствий аварий, основную долгосрочную политику и приоритеты обеспечения безопасности движения в городе Минске.

Новая Концепция на 2016-2020 годы ставит более амбициозные цели: достижение в перспективе идеального состояния дорожного движения, при котором в Минске отсутствуют погибшие и раненые; снижение числа погибших в дорожном движении до не более 20 погибших в 2021 году; предотвращение гибели детей; снижение количества аварий 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.

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%)

Умный автомобиль – умные дороги

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

Поэтому очевидно, что в человеко-машинной системе, которую представляет собой автомобильный (дорожный) транспорт, именно «человеческий» фактор является важнейшим. Подготавливать людей к дорожному движению очень и очень долго – это десятилетия. Поэтому необходимо заниматься техническими решениями. Из-за этого первостепенные роли отводятся вопросам создания безопасных «умного» автомобиля и «все-прощающей» инфраструктуры.

Идеология «прощающей» инфраструктуры заключается в том, что конструкция дороги должна компенсировать несовершенство человека, его склонность к допущению ошибок и физическую хрупкость за счет разумных и традиционных проектных решений в части геометрических параметров дорог и элементов их инженерного обустройства, а также технологических инноваций, позволяющих повышать информативность дороги и обеспечивать предсказуемость изменений дорожных условий (особенно в темное время суток, в сложных погодных условиях и т.п.) энергоэкономным способом (концепция «Smart Roads»). Идеология безопасного «умного» автомобиля основывается на необходимости компенсации человеческих несовершенств счет новых технологий и инноваций пассивной и активной безопасности, в первую очередь ИТ-систем и гаджетов многофункционального назначения.

Это системы и средства, способные обеспечивать автоматическое торможение и принудительное ограничение скорости по факту опасности, предотвращать наезд на препятствие; контролировать соблюдение дорожной разметки, отслеживать «мертвые зоны»; осуществлять самостоятельную парковку в стесненных условиях; предупреждать водителя об усталости и утрате концентрации, реагировать на голосовые команды и т.п.

Набирает популярность идея автоматизации управления автомобилем, включая организацию автономной (без участия человека) коммуникации между движущимися дорожными транспортными средствами (участие и общение двух искусственных интеллектов, учет поведения автоматов). Но до настоящего времени не решены юридические (и, надо сказать в большей степени, социальные) аспекты правового регулирования издержек движения автономных автомобилей (так, до сих пор не завершено расследование первой смертельной аварии, вызванной ошибкой автопилота «Tesla» (авария произошла 07.05.2016, США, Флорида).

Стала очевидной проблема адаптации человека к новой транспортной реальности – ИТС-реальности, которая определяется проникновением различ-

ных ИТ-систем и инновационных ИТ-гаджетов не только в устройство самого «умного» автомобиля (различные интеллектуальные системы адаптации скорости движения автомобиля (Intelligent Speed Adaptation – ISA), системы датчиков контроля распознавания препятствий и самой опасности, системы технического обеспечения безопасного контакта с препятствием на малой скорости движения, «умный» интеллектуальный интерфейс лобового стекла автомобиля, дополнительные системы дополненной реальности и многое другое), но и также в обустройство самих автомобильных дорог и всего городского пространства (концепция «умный город» и пр.).

Это позволяет решить следующую задачу: человеческие ошибки неизбежны, поэтому задача обеспечения БДД заключается в создании системы, «терпимой к несовершенствам и ошибкам человека и учитывающей его физическую уязвимость».

УДК 656.13

Анализ вариантов дорожных сборов

Головнич А. К., Иванов В. П.

Белорусский государственный университет транспорта

Целевые дорожные налоги и платежи окажут значительное воздействие на формирование правового самосознания автомобилизированного сообщества. Разновидности:

по факту приобретения (владения, пользования) (целевые пользовательские налоги, связанные с фактом пользования (владения) автомобилем – платеж за право доступа к дорожной сети);

в цене топлива и прочих эксплуатационных материалов (целевые пользовательские налоги, связанные с фактическим пробегом автомобиля, уровнем разрушающих воздействий на дорогу и сооружения, выполненной транспортной работой и пр. Универсальный налог «Pay-as-You-Go Tax» - «сколько едешь, столько платишь»);

транспортные пошлины (Transportation Toll – Toll road, Non-Toll roads) (система «BelToll»);

по факту въезда (в центральный район города, на определенную магистраль, на отдельную улицу и пр. – организация зон платного доступа в городские центры (механизм управления спросом и предложением на ПРС; «congestion charge», “congestion toll”, “congestion tax”, “electronic urban road pricing”, “pollution charge”...);

по факту пользования парковками в определенных районах (мера ограничения доступа в центр города. «Park and Ride», «Kiss and Ride», «Car Pool» и т.д.).

Закон «О дорожном движении» - изменения?

Капский Д. В.

Белорусский национальный технический университет

Дорожный транспорт (автомобильный, автодорожный) – самая важная, сложная и востребованная подотрасль транспортной отрасли и требует особого отношения, с учетом достигнутого уровня автомобилизации. Если посмотреть Закон о дорожном движении, то у этого транспорта нет даже имени – он назван «областью дорожного движения». Управление движением должно соответствовать повышенной значимости социально-производственного процесса (дорожного движения) оказания (производства) транспортной услуги, соответствовать реальным закономерностям и иметь достойное обеспечение – правовое, научное, методическое, технологическое, кадровое и т.п., иметь ответственность. Сегодня организация дорожного движения совершенно не учитывает экономику, экологию и социальные отношения в дорожном движении, что приводит к неприемлемо большим потерям, оцениваемым в 6,3–6,5 млрд долларов в год.

Именно поэтому в прогрессивной по сути Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, где из 17 существенных пунктов 14 относятся к компетенции организации дорожного движения, которая не имеет своей структуры, и были не выполнены, а три пункта из 17, относящиеся к дорогам и транспортным средствам, имеющим своего адресата, были выполнены и мы имеем неплохие дороги и транспортные средства, но несоответствующие уровню автомобилизации и организации дорожного движения, поэтому государство продолжает нести невынужденные, постоянно растущие потери по вине ненадлежащей организации дорожного движения и связанных с ней нарушений, достигающие 4,4 млрд долларов/год, или 70 % от общей суммы невынужденных потерь в дорожном движении. Но в Законе о дорожном движении об этом не упоминается. В Законе нет четкой формулировки терминов «управление дорожным движением», «организация дорожного движения», «регулирование дорожного движения» и др. Очень много деталей, относящихся к компетенции ведомственных нормативов. Иными словами Закон не соответствует достигнутому страной уровню автомобилизации и существующим реалиям и вносить в него изменяющие сущность правки вряд ли целесообразно. И это без оценки качества самих правок. Полагаю необходимым реабилитировать дорожный транспорт и его систему, вернув туда подсистему управления дорожным транспортом, в состав которой будет и современная организация дорожного движения.

Влияния нерегулируемого пешеходного перехода на скорость движения трамваев

Кустенко А. А.

Белорусский национальный технический университет

Эффективность трамвайного движения во многом зависит от средней скорости сообщения на маршруте, на которую в свою очередь оказывает влияние величина задержек и количество остановок.

Нерегулируемые пешеходные переходы являются наиболее опасными для трамвая объектами на проезжей части с точки зрения времени задержки вследствие непредсказуемости возникновения подобных задержек. В данной работе было рассмотрено влияние нерегулируемых пешеходных переходов на скорость трамвая и оценены задержки с точки зрения экономических потерь.

С этой целью были проведены замеры влияния интенсивности пешеходного движения на величину задержек трамвая на пешеходном переходе в районе дома ул. Я.Колоса, 12 г. Минска, в течении 30 минут.

В результате время нахождения пешеходов на проезжей части и тем самым это время запрещенного движения для трамваев, что составляет 75% от общего времени.

За время замера остановилось всего 6 трамваев, однако визуально было видно, что порядка 9 трамваев снижают скорость при подъезде к пешеходному переходу. В связи с этим были проведены исследование скорости на участке с 2 нерегулируемыми пешеходными переходами и на эталонном участке без каких-либо помех.

В результате на исследуемом участке (300 м) средняя техническая скорость ниже на 13 км/ч, чем на эталонном, тем самым каждый трамвай теряет 20 секунд времени.

Кроме пешеходных переходов скорость снижается и из-за автомобилей, которые заезжают на трамвайное полотно.

Таким образом нерегулируемые пешеходные переходы оказывают значительное влияние на скорость движения и как следствие на потери времени. Для эффективной работы трамвайного движения необходимо полностью убрать нерегулируемые пешеходные переходы с трамвайных путей.

Это достигается либо закрытием пешеходных переходов, либо их регулированием.

Регулирование позволит вписать трамвайное движение в автоматическое адаптивное трамвайное регулирование с использованием светофоров и датчиков.

Светофорные объекты как регуляторы скорости в трамвайном движении

Кустенко А. А.

Белорусский национальный технический университет

Существуют две формы организации проезда транспортного потока через светофорный объект:

- координированная с другими светофорными объектами;
- не координированная с другими светофорными объектами.

Целью исследования является изучить поведение трамвая перед светофорным объектом при координированном и некоординированном регулировании, а также определить факторы влияющие на координированное движение.

Не координированное направление: ул.Дорошевича – ул. Я. Колоса. В результате 90% трамваев прибывает в диапазоне 50с. Это связано со следующими факторами:

Следующим перекрестком на пути движения трамвая является ул. Я. Колоса – пр. Независимости.

В этом случае прохождение трамвая по участку без нерегулируемых пешеходных переходов разделило полученные данные на 2 группы протяженностью в 20 с, включающие 83% всех трамваев: первая группа в начале красного сигнала светофора (36%), вторая ближе к концу горения красного и началу зеленого сигнала светофора (47%).

Как можно заметить отсутствие дополнительных помех привело к сжатию времен прибытия трамвая.

Следующий перекресток ул.Я.Колоса – ул.Б.Хмельницкого.

Как можно полученные значения начинают растягиваться, 63% трамваев по-прежнему прибывают одной группой в диапазоне 20 с, прибытие оставшихся 37% растягивается на 40с.

Это связано с наличием на перегоне 2 нерегулируемых пешеходных переходов и 1 остановочного пункта.

Таким образом для обеспечения координированного регулирования и пропуска 90% на зеленый сигнал светофора, необходимо устранить дополнительные помехи в виде нерегулируемых пешеходных переходов, предотвратить не санкционированные выезды автомобилей на трамвайное полотно и обеспечить протяжённость трамвайной фазы светофора не менее 25с. Или организовать адаптивную систему трамвайного регулирования.

Противогололедные материалы для пешеходных дорожек и тротуаров

Сазонова Л. И., Сергеева А. М. Пашкевич А. В., Юрченко А. В.
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В Беларуси зимой дорожные службы для борьбы с гололедицей зачастую используют песчано-соляную смесь, которой посыпают покрытия дорожек и тротуаров. К сожалению, использование этой смеси приносит не только ожидаемый положительный эффект, но и вред для человека и природы. Осенью можно увидеть, как листва на деревьях, стоящих у тротуаров, начинает намного раньше желтеть и опадать, чем у тех которые стоят за ними. Зимой мы сталкиваемся с ржавчиной на кузове автомобиля, белыми пятнами на одежде и обуви.

Для уменьшения или предотвращения последствий от использования песчано-соляной смеси, нами выполнен ряд исследований плавящей способности льда альтернативными материалами, которыми можно (хотя бы частично) её заменить.

Первым материалом является террикон – отвал, искусственная насыпь из пустых пород, извлеченных при подземной разработке месторождений угля и других полезных ископаемых. У терриконов плавящая способность льда 8,6. Результат в два раза превышает минимально допустимую норму по СТБ-1158-2013 «Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог». Второй материал – гранитная крошка, которая является отходами гранитного производства. В Беларуси добыча и переработка гранита осуществляется на заводе в г. Микашевичи. К достоинствам посыпки тротуаров крошкой относят то, что весной ее можно собрать спецтехникой, имеющейся у дорожных служб, и использовать снова следующей зимой. Это не только сохранит природу, но и снизит затраты на посыпку дорожек. Третий и четвертый материалы – отходы винного и спиртового производств. Полученные в результате их испытаний данные показывают достаточную плавящую способность 3,8 и 3,7 соответственно.

В результате проведенных исследований было установлено, что отходы винного и спиртового производств, терриконы, гранитная крошка экономически и экологически наиболее подходят при посыпке тротуаров, чем песчано-соляная смесь. Тем самым можно сохранить автомобили придорожные деревья, кустарники и обувь пешеходов от соли, при этом устранить гололедицу на пешеходных дорожках и тротуарах.

**Упорядочивание движения на кольцевой проезжей части
пл. Запорожская (Часть 1)**

Коржова А. В.

Белорусский национальный технический университет

Кольцевая развязка в одном уровне, расположенная на пересечении улиц Столетова – Радиальной – Филимонова является одним из основных узловых пунктов магистральной дорожной сети г. Минска. Через узел проходит 2-е городское транспортное кольцо по ул. Столетова и Радиальной. Все подходящие к узлу улицы в соответствии с ТКП 45-3.03-227 относятся к категории А (магистральные улицы общегородского значения).

Узел имеет кольцевую планировку с диаметром центрального островка 80 м. Ширина кольцевой проезжей части в зонах переплетения потоков составляет 18 м – 4 полосы движения. На ул. Филимонова и ул. Радиальной конструктивно выделенная разделительная полоса имеет ширину около 3 м, на подъезде к кольцевому узлу ее параметры изменяются (устроен направляющий островок). На подъезде со стороны ул. Столетова устроен «устьевой» направляющий островок треугольной формы.

Через узел осуществляется интенсивное движение маршрутных транспортных средств. Остановочные пункты являются основными объектами тяготения пешеходных потоков в зоне кольцевого узла.

На кольцевой проезжей части транспортного узла выделено 4 полосы движения. Знаки 5.8.1, обозначающие разрешенные направления движения по полосам, отсутствуют, но нанесены элементы разметки 1.18. На выезде из кольцевого узла в сторону ул. Столетова устроены две полосы движения, при этом съезд с кольцевой проезжей части на ул. Столетова разрешен разметкой из трех полос. В результате с учетом высокой транспортной нагрузки на данном участке регулярно происходят конфликтные ситуации, часть из которых приводит к дорожно-транспортным происшествиям.

Работа выполнена при участии заведующего НИЦ дорожного движения В. Н. Кузьменко, м.н. с. А.С. Красильниковой.

**Упорядочивание движения на кольцевой проезжей части
пл. Запорожская (Часть 2)**

Коржова А. В.

Белорусский национальный технический университет

Для обеспечения безопасности дорожного движения и упорядочивания движения на кольцевой части пл. Запорожская разработана схема организации дорожного движения которая предусматривает:

✓ Организовано движение по кольцевой проезжей части по 2-м полосам, 3-я полоса предусмотрена для городского пассажирского транспорта. Левоповоротное движение осуществляется только по крайней левой полосе. Лишняя площадь кольцевой проезжей части отбита разметкой 1.2 с использованием разметки 1.16.1-1.16.3.

✓ Остановочные площадки общественного транспорта отделены дорожной разметкой. Движение транзитного транспорта по ним не осуществляется.

✓ На подходах к перекрестку установлены знаки 5.8.1, регламентирующие разрешенные направления движения по полосам, и нанесена соответствующая дорожная разметка.

Данная схема организации дорожного движения позволит уменьшить количество конфликтных точек в узле.

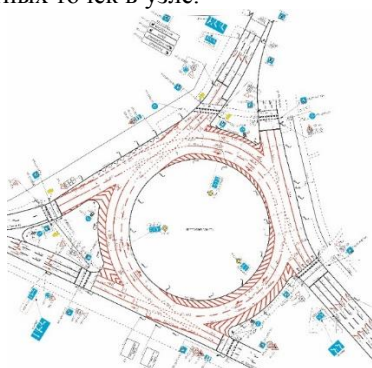


Рисунок – Предлагаемая схема организации дорожного движения
на пл. Запорожская

Работа выполнена при участии заведующего НИЦ дорожного движения
В. Н. Кузьменко, м.н. с. А.С. Красильниковой.

**Мероприятия по улучшению трамвайного движения
по ул. Первомайская и ул. Ульяновская**

Горелик Е. Н.

Белорусский национальный технический университет

При реконструкции трамвайного пути по ул. Первомайская и ул. Ульяновская предусмотрено:

- устройство рефюжей для посадки-высадки пассажиров на остановочных площадках трамвая;
- реконструкция светофорных объектов, включая корректировку диаграмм регулирования и схем пофазного движения (ул. Ульяновская – ул. Свердлова, ул. Ульяновская – ул. Октябрьская, ул. Ульяновская – ул. Ленина, ул. Ульяновская – ул. Энгельса, ул. Ульяновская – ул. Пулихова);
- организация двух полноценных полос для транспорта по ул. Первомайская на перегоне от ул. Красноармейская до ул. Купалы;
- организация регулируемого разворота на перекрестке ул. Ульяновская – ул. Октябрьская, что позволит значительно снизить вероятность аварий левоповоротного (разворотного) транспорта с трамваями путем запрещения левого поворота по ул. Ульяновская со стороны ул. Энгельса на перекрестке ул. Ульяновская – ул. Ленина. Аварии на трамвайных путях влекут за собой значительные экономические и социальные издержки, связанные с нарушением расписания движения, задержкой и опозданием пассажиров, снижением привлекательности пользования трамваями и качества услуг, а значит и неизбежным снижением пассажиропотока на трамвайном транспорте;
- демонтаж на перекрестке ул. Ульяновская – ул. Белорусская нерегулируемого пешеходного перехода через ул. Ульяновская.

По результатам исследования НИЦ ДД, проводимых в 2009 г., скорость сообщения на участке между остановочными пунктами «Захарова» и «Вокзал» составляла примерно 16,6 км/ч, между остановочными пунктами «Вокзал» и «Захарова» – 17,3 км/ч.

Принятые проектные решения по реконструкции трамвайных путей позволят увеличить скорость сообщения трамвая на участке между остановочными пунктами «Захарова» и «Вокзал» и в обратном направлении на 1,3–1,4 км/ч.

Следовательно, прогнозируемая скорость сообщения трамвая на участке между остановочными пунктами «Захарова» и «Вокзал» составит 17,9 км/ч, между остановочными пунктами «Вокзал» и «Захарова» – 18,7 км/ч.

Работа выполнена при участии заведующего НИЦ дорожного движения В. Н. Кузьменко, с.н.с. Д. В. Мозалевского.

Сравнительный анализ схем пофазного движения на перекрестке

Горелик Е. Н., Гамульский И. К.

Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования является регулируемый перекресток ул. Матусевича – ул. Лещинского – ул. Жиновича. На перекрестке выполнен анализ аварийности, исследована интенсивность движения транспортных и пешеходных потоков, оценены треугольники боковой видимости.

В момент исследования перекрестка на нем была реализована 2-хфазная схема регулирования. С учетом анализа аварийности на перекрестке были предложены для реализации две схемы пофазного движения.

Первая схема пофазного движения включает регулирование одного левого поворота – по ул. Матусевича со стороны ул. Аладовых. Вторая схема пофазного движения содержит большее количество фаз и включает регулирование двух левых поворотов – по ул. Матусевича со стороны ул. Аладовых и по ул. Лещинского.

Сравнительный анализ предложенных схем пофазного движения показал, что второй вариант схемы пофазного движения содержит меньшее количество конфликтных внутрифазных точек и является более безопасным по потенциальной опасности.

Но с другой стороны при втором варианте уменьшается пропускная способность полос перекрестка, а также уровень загрузки полос становится более высоким. Особенно чувствительно увеличение уровня загрузки для входа ул. Матусевича со стороны ул. Кунцевщина. Для сравнения на данном входе уровень загрузки полос движением при существующей схеме регулирования составит 0,4 – 0,6, при первом варианте схемы пофазного движения 0,6 – 0,8, при втором варианте схемы пофазного движения – 0,8 – 1,0.

При повышении безопасности дорожного движения в регулируемых конфликтных зонах основным методом является развод конфликтных направлений по времени.

При этом увеличивается длительность светофорного регулирования, уменьшается доля горения разрешающего сигнала для регулируемых направлений, увеличивается время ожидания для пешеходов.

Поэтому необходимо понимать, что при регулировании левоповоротных направлений на перекрестке будет наблюдаться увеличение уровня загрузки перекрестка, но безопасность движения повысится.

Работа выполнена при участии инженера 2к НИЦ дорожного движения Н. С. Муравьевой.

Простые решения к уменьшению задержек трамваев и повышению безопасности движения

Гамульский И. К.

Белорусский национальный технический университет

Исследуемый участок улично-дорожной сети расположен в Советском районе г. Минска вблизи перекрестка пр-т Независимости – пр-т Машерова. В связи с закрытым левоповоротным движением на перекрестке пр-т Независимости – пр-т Машерова водители выполняют маневр левого поворота через разворот на трамвайных путях сразу за рефюжем остановочной площадки трамваев «пр-т Машерова» в направлении пл. 3. Бядули. Разворотный транспорт занимает трамвайные пути во время пропуска встречного конфликтного транспорта, тем самым задерживает трамвайный транспорт. Также выполнение маневра разворота в ряде случаев приводит к авариям на трамвайных путях.

Выполнение разворота за рефюжем остановочной площадки усугубляется геометрическими параметрами улицы (в данном месте улица поворачивает на 30 градусов), а также наличием очереди из автомобилей, скопившихся перед перекрестком пр-т Независимости – пр-т Машерова на запрещающий сигнал светофора и препятствующих проезду разворотного транспорта, который ожидает возможности завершения маневра на трамвайных путях. Также из-за расположенных на 3-й полосе пр-та Машерова для движения в сторону ул. Красная автомобилей, желающих выполнить разворот и пропускающих трамвай, увеличивается очередь из транзитных автомобилей, которая закрывает перекресток с пр-том Независимости, и тем самым приводит к возникновению заторовых ситуаций на нем, особенно в часы «пик».

Для обеспечения безопасности дорожного движения предусмотрена установка дорожного ограждения длиной 144 м по середине трамвайного полотна от существующего пешеходного перехода через проезжую часть пр-та Машерова (перекресток пр-т Независимости – пр-т Машерова) до выезда с Академии МВД для отнесения места разворота от перекрестка.

Отнесение места разворота позволит выполнить маневр разворота за меньший промежуток времени, без увеличения времени простоев трамваев, а также снизить дополнительные задержки транзитного транспорта по пр-ту Машерова. Реализация предложенных мероприятий упорядочит движение на исследуемом участке.

Работа выполнена при участии м.н.с. НИЦ дорожного движения А. С. Красильниковой, инженера 2к Н. С. Муравьевой

**Особенности проведения лабораторных работ по дисциплине
«Информационные системы на транспорте»
для студентов специальности 1-44 01 01**

Алисеенко Д. С., Андреев А. Я., Лобач А. Г.
Белорусский национальный технический университет

В связи с отменой Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь обязательности использования путевых листов встает вопрос учета выполненной водителем работы в транспортной организации.

Однако перевозчику необходимо учитывать такие показатели работы автопарка, как пробег транспортных средств, расход топлива, время работы водителей на линии и ряд других. Электронный учет можно вести в таких широко распространенных программах, как MS Word, MS Excel, MS Access, но только одна из них – MS Access – имеет ряд неоспоримых преимуществ. Она позволяет конструировать реляционные базы данных и управлять их работой без значительных начальных затрат и привлечения сторонних специалистов, в отличие, например, от профессиональных программ типа Oracle, 1С и других.

В ходе лабораторных работ по дисциплине «Информационные системы на транспорте» формируется компетенция разработки концептуальных моделей объектно-ориентированных реляционных баз данных.

Для студентов особенно важным является обоснование необходимости освоения возможностей программы MS Access в контексте того, как им эти навыки могут пригодиться в их дальнейшей профессиональной деятельности. Задача проектирования базы данных носит междисциплинарный характер, обучающимся необходимо применить компетенции, ранее полученные при изучении других дисциплин.

Знакомство студентов с СУБД MS Access представляется целесообразным начинать с предлагаемой разработчиками MS Office базы данных «Борей» или же предварительно созданной преподавателем учебной базы данных. Это позволяет студентам наглядно увидеть, как может выглядеть и функционировать конечный программный продукт.

В процессе выполнения лабораторных работ обучающиеся при помощи преподавателя осваивают учебный материал по работе с основными объектами СУБД, а затем в соответствии с индивидуальными заданиями расширяют набор объектов базы данных.

Наиболее значимой на заключительном этапе является разработка главной пользовательской формы с организацией управления в ней всеми объектами базы данных с помощью макросов и модулей.

Аспекты преподавания дисциплины «Информационные системы на транспорте» для студентов специальности 1-44 01 01

Алисеенко Д. С., Андреев А. Я., Лобач А. Г.
Белорусский национальный технический университет

Преподавание дисциплины «Информационные системы на транспорте» включает решение ситуационных практико-ориентированных задач в контексте компетентного подхода и направлено на формирование академических, профессиональных и социально-личностных компетенций, разработанных образовательным стандартом специальности 1-44 01 01.

В структуру каждого занятия входит целеполагание и связь с будущей сферой деятельности обучающихся.

Студентам необходимо научиться вычленять базовые объекты, входящие в состав информационных систем и подсистем, уметь их описывать, осуществлять нормализацию включенных в них данных и устанавливать между объектами необходимые типы отношений. Совокупность этих объектов и их отношений является упрощенной моделью транспортной организации. Степень упрощения модели зависит от цели разработки базы данных и потребностей перевозчика. Отсюда следует необходимость компетентного подхода к разработке технического задания на проектирование базы данных.

Следующим шагом является обоснование выбора системы управления базами данных и создания информационной среды, которая является частью информационного пространства.

Так как современное информационное пространство практически безгранично, то обучающиеся овладевают навыками отбора необходимого перевозчику информационного потока, способов получения и обработки данных. Например, обработка данных, полученных от системы навигации, установленной на транспортном средстве, дают возможность координировать действия грузоотправителя и грузополучателя, RFID-метки позволяют контролировать выполнение операций с грузом и т.п.

Современные IT-технологии и информационные системы характеризуются созданием единого информационного пространства для всех участников перевозочного процесса. По этой причине главной особенностью транспортной инфраструктуры является ее высокая технологическая зависимость. Это обуславливает необходимость использования технологий передачи данных.

О структуре и функциях Национального логистического портала (Часть 1)

Чижонок В. Д.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время информационные связи между участниками логистической деятельности реализуются посредством создания сайтов логистических центров, грузоотправителей и грузополучателей, перевозчиков и экспедиторов, таможенных органов с размещением на них информации об оказываемых услугах, тарифах на перевозку и методах их расчета, условиях перевозки грузов, оперативной информации о месте их нахождения и другой информации, касающейся конкретных перевозок грузов.

Дальнейшее совершенствование информационных связей в логистической системе видится в создании Национального логистического портала. В этих целях необходимо разработать технорабочий проект электронного документооборота в логистической системе, концепцию его взаимодействия с документооборотом таможенных органов, банковских, финансовых систем и органов государственного управления.

Для ускоренного и беспрепятственного перемещения грузов в транспортных узлах и в пограничных пунктах пропуска, выбора рациональных схем доставки грузов и повышения эффективности перевозочного процесса Национальный логистический портал должен выполнять следующие функции по информационному обеспечению логистической деятельности:

- 1. Предоставление пользователям логистических услуг информации об условиях перевозки грузов различными видами транспорта, маршрутах следования, стоимостных и временных параметрах доставки, услугах в оформлении, погрузке, перевалки, таможенных и других операциях.;
- 2. Информационное взаимодействие с пользователями (заказчиками) логистических услуг, включая прием и обработку заявок на поставку готовой продукции и комплектующих изделий, оформление договоров на транспортно-экспедиционное обслуживание, тарификацию логистических услуг, ведение и контроль финансовых расчетов с заказчиками, работу по претензиям;
- 3. Расчет оптимального по срокам, стоимости и другим критериям рационального маршрута транспортировки груза и выбор полного набора сопутствующих услуг.;

**О структуре и функциях Национального логистического портала
(Часть 2)**

Чижонок В. Д.

Белорусский национальный технический университет

Для ускоренного и беспрепятственного перемещения грузов в транспортных узлах и в пограничных пунктах пропуска, выбора рациональных схем доставки грузов и повышения эффективности перевозочного процесса Национальный логистический портал должен выполнять следующие функции по информационному обеспечению логистической деятельности:

- Предоставление пользователям логистических услуг оперативной информации о ходе перевозочного процесса;
- Контроль выполнения хода перевозки в соответствии с договором о выполнении транспортных услуг для заказчика и принятие мер по устранению нештатных ситуаций и других причин, препятствующих выполнению согласованного графика доставки груза до места назначения;
- Информационное обеспечение процессов перевалки грузов на другие виды транспорта и проследования через пограничные переходы с минимизацией продолжительности операций;
- Информационная поддержка специальных задач. Эта функция предусматривает решение прикладных задач грузовладельцев, вытекающих из необходимости регулирования подвоза сырья и доставки готовой продукции получателям;
- Для снижения затрат времени и трудоемкости работ по составлению транспортной документации на груз целесообразным будет разработка программного комплекса, позволяющего автоматизировать данный вид работ, а также рассылать электронные перевозочные и товарные документы участникам транспортного процесса. Алгоритм данного программного продукта должен предусматривать возможность создания единой системы автоматизации информационных потоков на транспорте;
- Организация предварительного декларирования грузов и электронной передачи грузовых документов в пункты таможенного оформления по маршруту следования грузов и транспортных средств.

Создание и использование Национального логистического портала позволит более оперативно решать задачи по управлению материальными и финансовыми потоками и на этой основе обеспечить дальнейшее повышение эффективности функционирования экономики Республики Беларусь.

Предложения по организации велосипедного движения на участке проспекта Независимости (Часть 1)

Лавринович А. В., Матвеева Н. В.
Белорусский национальный технический университет

Пешеходное и велосипедное движение как средство передвижения по городу обладает многими преимуществами с точки зрения здоровья человека и охраны окружающей среды. Благодаря переходу от вождения транспортных средств к пешеходному или велосипедному движению можно уменьшить количество заторов транспорта, сократить затраты на дорожные и парковочные сооружения, а также снизить степень воздействия на окружающую среду и укрепить здоровье населения.

Развитие велосипедного движения в городе позволит решить следующие вопросы:

- Разгрузить улицы города, сократив число пользователей личным и общественным транспортом.
- Снизить уровень аварийности.
- Уменьшить степень негативного воздействия автотранспорта на атмосферный воздух.
- Повысить здоровый образ жизни населения.

Преимущества организации велосипедного движения в городе заключаются в следующем:

- Велосипедное движение является одним из элементов успокоения дорожного движения в городе, включая развитие уличной эстетики, улучшение условий движения.
- Велосипедный транспорт из-за заторовых ситуаций может стать самым быстрым и самым надежным способом доставки внутри города.
- Велосипед - это не только удовлетворяющее экологическим требованиям транспортное средство, но также недооцениваемый экономический фактор. Наряду с туризмом и специализированной торговлей, предприятия могут получать прибыль от строительства и устройства велосипедных дорожек, а также от хранения, сервиса и ремонта на велосипедных станциях.

Предложения по организации велосипедного движения на участке проспекта Независимости (Часть 2)

Лавринович А. В., Матвеева Н. В.
Белорусский национальный технический университет

Существует несколько способов размещения велодорожки:

- На краю проезжей части
- Самостоятельная велодорожка
- Совмещенная с пешеходной дорожкой (разные покрытия)
- Совмещенная с пешеходной дорожкой (одинаковое покрытие).

Именно такой способ используется на исследуемом участке проспекта Независимости от пересечения с ул. Дорошевича до пересечения с ул. Сурганова. Это обусловлено тем, что проспект Независимости является магистральной улицей общегородского значения и обустройство велосипедной дорожки на краю проезжей части привела бы к уменьшению количества полос для движения, тем самым уменьшилась пропускная способность проспекта.

В данном случае делиниаторы разделяют транспортный и велосипедный потоки, однако такое решение подходит и в нашем случае.

Рассмотрим несколько вариантов установки ограждений:

1. В данном варианте использованы полимерпесчаные делиниаторы с сигнальными щитками, которые используются при проведении дорожных работ.
2. Во втором варианте используются резиновые сигнальные столбики (ограничители доступа), установленные через каждые 2 метра.
3. Третий вариант – комбинированный.

Заключение. На исследуемом участке более половины велосипедистов вынуждены совершать объезд пешеходов, двигающихся с нарушением ПДД по велосипедной дорожке. В качестве решения предлагается физическое отделение велосипедной и пешеходной дорожек с помощью ограничителей и делиниаторов, что позволит увеличить безопасность велосипедного и пешеходного движения.

Влияние расположения остановочных пунктов маршрутизированного городского транспорта на качество перевозок пассажиров

Якубович С. П., Седюкевич В. Н.

Белорусский национальный технический университет

Одним из факторов, характеризующих качество перевозок пассажиров наземным городским маршрутизированным транспортом, является расстояние подходов пассажиров к остановочным пунктам и удобство пересадок пассажиров с одного маршрута на другой одного и того же вида транспорта или с одного вида на другой вид транспорта. При этом возникают потери времени пассажиров на пешие перемещения к остановочным пунктам и от них, а также на переходы между остановочными пунктами. Эти потери состоят из времени на перемещение от места нахождения потенциального пассажира до ближайшего остановочного пункта необходимого ему маршрута перед началом поездки, времени на перемещение на пересадочных узлах между остановочными пунктами и времени на перемещение от конечного остановочного пункта до конечной цели. Эти потери времени составляют в среднем около половины общего времени, затрачиваемого пассажирами на перемещение от исходного места до конечной цели.

Пассажиры затрачивают время на перемещения по горизонтали, дополнительное время на вертикальные перемещения при использовании подземных или наземных пешеходных переходов, а также время на переход улиц по регулируемым пешеходным переходам. Установлено, что для расчета потерь времени пассажиров средняя скорость их движения при горизонтальном перемещении составляет 1,3 м/с, а при вертикальном перемещении – 0,35 м/с относительно горизонтальной плоскости. На переход улиц по регулируемым пешеходным переходам дополнительно в среднем теряется половина длительности светофорного цикла за вычетом длительности разрешающей фазы на пешеходный переход пассажиров.

Все переходы между остановочными пунктами увеличивают общее время пассажиров на совершение поездок и должны минимизироваться. В свою очередь уменьшение расстояния между остановочными пунктами с целью сокращения времени на подходы потенциальных пассажиров к остановочным пунктам снижают скорость сообщения (доставки) пассажиров и увеличивает затраты перевозчиков.

Поэтому расположение остановочных пунктов на маршрутах перевозок в регулярном сообщении подлежит оптимизации на основе минимизации общих затрат пассажиров и перевозчиков, что в конечном итоге повысит качество обслуживания пассажиров.

Коэффициент использования пассажироместимости транспортных средств как показатель оценки эффективности и качества перевозок

Седюкевич В. Н., Якубович С. П.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшим показателем для оценки эффективности перевозок и качества транспортного обслуживания пассажиров по комфортабельности проезда на городских маршрутах регулярного сообщения является коэффициент использования пассажироместимости $\gamma_{\text{аи}}$ транспортных средств (ТС).

Затраты перевозчика на перевозку одного пассажира $S_{\text{п}}$ в зависимости от коэффициента использования пассажироместимости $\gamma_{\text{аи}}$ определяются по формуле:

$$S_{\text{п}} = \frac{S_{\text{км}} l_{\text{ср}}}{q \cdot \gamma_{\text{вм}}},$$

где $S_{\text{км}}$ – удельные затраты на 1 км пробега ТС, руб./км; $l_{\text{ср}}$ – средняя длина поездки пассажира, км; q – пассажироместимость ТС, пасс.

Из приведенной зависимости следует, что для снижения затрат на перевозки пассажиров значение $\gamma_{\text{вм}}$ должно стремиться к возможному максимуму, равному единице.

В тоже время при высоких значениях $\gamma_{\text{вм}}$ (близких к 1,0) снижается комфортабельность поездок пассажиров, а при $\gamma_{\text{вм}} > 1.0$ пассажиры вообще получают отказ в перевозке. Анализ результатов обследований функционирования транспортных систем ряда городов Беларуси (Брест, Лида, Пинск) показал, что только при $\gamma_{\text{вм}} \leq 0,60$ перевозки пассажиров осуществляются в комфортных условиях с учетом психофизических особенностей человека. Однако при повышении комфортабельности перевозок за счет снижения наполнения ТС возрастают удельные затраты на перевозки у перевозчиков, что влечет снижение качества транспортного обслуживания пассажиров в отношении стоимости проезда.

Таким образом, стоит задача отыскания оптимального значения коэффициента использования вместимости ТС, путем принятия компромиссного решения между обеспечением комфортабельности транспортного обслуживания пассажиров и стоимостью их поездок.

**Повышение конкурентоспособности транспортных предприятий
путем создания транспортно-логистических кластеров**

Шарай С. М., Дехтяренко Д. А., Ященко В. Н.
Национальный транспортный университет (г. Киев)

В условиях обострения конкуренции на рынке транспортных услуг, повышения требований к конкурентоспособности предприятий, выполняющих доставку грузов, возникает необходимость в увеличении транзитных перевозок, что позволит увеличить потенциал Украины как транзитной страны с современной транспортной инфраструктурой.

Проблема определения транзитного потенциала Украины в системе международных транспортных связей выходит за рамки собственных интересов Украины. Это обстоятельство определяет приоритеты развития тесной интеграции с соседними странами, а также создает для нее уникальную позицию как трансграничной зоны. Учитывая это, существует возможность увеличения спроса иностранных перевозчиков на использование территории страны в рамках программы Панъевропейских транспортных коридоров.

В последние годы не только на научном теоретическом уровне, но и на уровне внедрения научных разработок в сферу материального производства, Государственными программами развития транспортной отрасли страны рассматривается кластерный подход, который позволяет преодолеть недостатки отраслевого подхода. В программах развития транспортной отрасли рассматриваются вопросы, связанные с возможностью создания транспортно-логистических кластеров как одного из инструментариев обеспечения предпосылок экономического роста страны.

Решению вопросов, связанных с сокращением времени таможенного оформления грузов при выполнении перевозок автомобильным транспортом, увеличением объемов транзитных грузопотоков на основе выполнения смешанных международных перевозок, будет способствовать формирование транспортно-логистических кластеров в приграничных зонах Украины. Создание и использование такой модели, которая будет базироваться на принципах повышения эффективности выполнения транспортно-логистического процесса с использованием IT-технологий в условиях создания единого экономического пространства, позволит сформировать новые внешнеэкономические связи, будет способствовать повышению конкурентоспособности предприятий транспорта и транспортной системы страны в целом, развитию конкурентной среды среди поставщиков транспортных услуг.

Взаимодействие видов транспорта при организации пассажирских перевозок

Журба О. О., Левковский А. А.

Житомирский государственный технологический университет

Рост уровня пассажирских перевозок с дальнейшим прогнозным среднегодовым темпом прироста около 3% до 2020 года и внедрением «Программы скоростного движения пассажирских поездов между основными городами – мегаполисами» требует пересмотра зоны покрытия и системы организации маршрутов следования поездов с необходимостью создания на базе существующих железнодорожных вокзалов системы интегрированных пересадочных комплексов.

Так как ограниченная дальность следования скоростных поездов предусматривает организацию скоростных сообщений между узлами, так называемыми хабами (англ. hub), во всех регионах организовано перевозки на коротких плечах в зоне тяготения хабов. Такая система организации перевозок приведет к увеличению нагрузки на инфраструктуру железнодорожных вокзалов и потребует эффективного решения задачи реализации поездки пассажира с пересадками «по единому билету» с учетом минимизации общего времени следования.

Для эффективной организации пассажирских перевозок в условиях интегрированных железнодорожных пересадочных комплексов необходимым является увязка их работы на сетевом уровне с возможностью усовершенствования технологий управления пассажиропотоками и координации разных видов городского транспорта в районе притяжения вокзала.

Решение вопросов организации перевозок с пересадками, управления перемещением пассажиров по вокзалу и разработки расписания работы интегрированного вокзального комплекса при взаимодействии со смежными видами транспорта в условиях функционирования системы логистических центров требует широкой информационной базы о пассажиропотоках по прибытию и отправлению и показателей работы пассажирских поездов на маршрутах следования.

Механизмом реализации этого является создание структуры управления на основе системы логистических центров с внедрением современных информационно – управляющих систем, что связано с необходимостью реализации в объединённом комплексе автоматических рабочих мест (АРМ) - системы поддержки принятия решений.

Определение факторов сложности автобусного маршрута

Кравченко А. П., Чуйко С. П.

Житомирский государственный технологический университет

Автобусные городские перевозки характеризуются сложной технологией движения, что обусловлено высокой частотой технологических остановок на маршруте предсказуемого и случайного характера, высокой динамичностью дорожно-транспортной обстановки и наполнения салона автобуса при одновременно жесткой регламентации транспортного процесса, которые авторами классифицировано в «индикаторы помехонасыщенности автобусного маршрута».

Основными составляющими, влияющими на техническую скорость на маршруте, являются конструктивные особенности и техническое состояние автобуса, дорожные условия, интенсивность транспортного потока, квалификация водителя, использование пассажироместности; организация перевозок. Поскольку скорость сообщения на маршруте зависит от потерь времени, вызванных наличием различного типа препятствий (принято 17), то возникает необходимость поиска прогнозирования оценки скорости на маршруте через его сложность.

Методом априорного ранжирования установлено, что в зависимости от весового вклада сложность маршрута классифицируется по 8 факторам: X1 - частота плановых остановок; X2 - частота светофорных объектов; X3 - частота нерегулируемых пешеходных переходов; X4 – интенсивность потока; X5 - частота принудительного снижения скорости; X6 - частота автомобильных стоянок; X7 - частота подъемов; X8 - частота пересечений с трамвайными путями и железнодорожных переездов (рисунок 1).

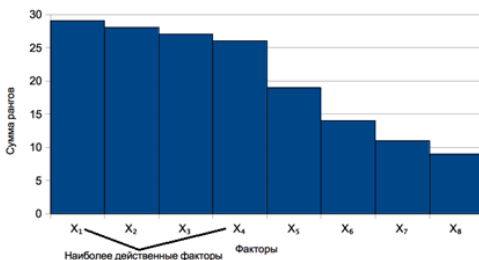


Рисунок 1 - Весовой вклад факторов сложности маршрута

Выполненный анализ позволил оценить сложность маршрутов по помехонасыщенности, отобрать для дальнейших исследований факторы, имеющие наибольшее влияние на эффективность транспортной работы.

Технические принципы синтеза алгоритмов мониторинга и диагностирования гидрофицированных трансмиссий легковых автомобилей

Семёнов И. Н.

Брестский государственный технический университет

Управление современными легковыми автомобилями, оснащенными гидрофицированными трансмиссиями (ГТ), осуществляется средствами бортовой микроэлектроники. Эффективное управление такими ГТ возможно только лишь на основе научно-обоснованных принципов проектирования мехатронных систем управления и диагностирования (МСУД) [1]. Здесь очень важной задачей является разработка новых высокоэффективных алгоритмов бортового диагностирования и мониторинга технического состояния ГТ легковых автомобилей.

Научные исследования, результаты которых изложены в данной работе, проводились автором в рамках ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении» (подпрограмма «Механика», задание 1.19).

При решении задачи синтеза алгоритмов диагностирования и мониторинга учитываются требования заказчиков и эксплуатирующих автомобили организаций, которые закладываются в основу технических принципов, которые затем реализуются в синтезированных алгоритмах.

Современные новейшие алгоритмы автоматизированной диагностики и мониторинга ГТ должны реализовывать следующие технические принципы.

Для реализации бортовой МСУД ГТ нужно располагать средствами микроэлектроники, имеющими как минимум следующие технические характеристики:

- процессор с системой команд MCS–51 с арифметическим 16–разрядным процессором;
- адресуемая основная FLASH-память для хранения данных операционной системы и прикладных программ – не менее 4 Мб, в том числе: а) многосекционная, с возможностью разбиения на подсекции – не менее 3 Мб; б) энерго-независимое постоянное запоминающее устройство емкостью 1 Мб;
- пять слотов расширения, в каждом из которых может находиться: а) FLASH-накопитель данных емкостью, кратной 4 Мб; б) сигнальный сопроцессор (при использовании искусственного интеллекта на верхнем уровне); в) АЦП для обработки сигналов с внешних датчиков; г) ЦАП для исполнительных устройств; д) устройства для сбора дискретных данных; е) устройства для вывода дискретных данных.

Повышение производительности автомобильных транспортных средств на основе использования экранного эффекта (Часть 1)

Овчинников И. А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из основных факторов повышения производительности грузового и пассажирского автомобильного транспорта является масса перевозимого груза или количество перевозимых пассажиров.

При магистральных перевозках на значительные расстояния этот фактор становится доминирующим.

Но повышение грузоподъемности (пассажировместимости) транспортного средства неизбежно влечет за собой усложнение конструкции за счет увеличения числа осей транспортного средства, поскольку несущая способность дорог ограничена. А увеличение числа осей транспортного средства приводит к росту собственной массы, что при наличии существующих ограничений на полную массу, значительно снижает эффект от увеличения грузоподъемности. Получается замкнутый круг - чтобы перевозить больше, нужно иметь больше осей транспортного средства, а чем больше осей, тем тяжелее транспортное средство и, следовательно, полезной нагрузки оно сможет взять меньше.

Таким образом, возникла задача создания такого транспортного средства, которое бы при определенном числе осей, без сложных технических решений, при существующих ограничениях нагрузок на дорогу перевозило бы на 15-20% полезной массы больше.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать на автомобильных транспортных средствах так называемый экранный эффект. Экранный эффект или эффект влияния земли - эффект резкого увеличения подъемной силы крыла и других аэродинамических характеристик летательного аппарата при полёте вблизи экранирующей поверхности (воды, земли и др).

Экранный эффект - это та же воздушная подушка, только образуемая путём нагнетания воздуха не специальными устройствами, а динамически набегающим потоком воздуха.

Повышение производительности автомобильных транспортных средств на основе использования экранного эффекта (Часть 2)

Овчинников И. А.

Белорусский национальный технический университет

В работе были определены факторы, способствующие возникновению экранного эффекта у автомобильных транспортных средств:

- достаточно высокая скорость движения при магистральных перевозках, около 25м/с (иногда до 30 м/с);
- наличие ровной поверхности дороги (экрана) на протяжении всего маршрута;
- возможность движения с минимальным расстоянием до экрана, вплоть до нескольких сантиметров;
- шириной «крыла» (кузова автомобиля) около 2,5м;
- значительной площадью «крыла», до 40...50м².

Оригинальность предлагаемой идеи состоит в том, что дополнительных «крыльев» на автомобиле не предполагается, а их роль станет играть специфическая форма днища автомобиля, использующая набегающий поток для создания подъемной силы в области, тех осей транспортного средства, которые необходимо разгрузить. Это ведомые оси прицепов и полуприцепов и ведущие оси автомобиля- тягача.

Определенную трудность при разработке конструкции данного транспортного средства вызывал, тот факт, что экранный эффект начинал существенно проявляться на скоростях свыше 40 км/ч, что вызывало значительное превышение осевых нагрузок на дорогу до достижения этих скоростей. Применение дополнительных поддерживающих осей, катков, различного рода опор на режимах малых скоростей было изначально недопустимым по условиям поставленной задачи. Решением явилось использование принципа воздушной подушки, когда с помощью нагнетающего устройства создается избыточное давление между днищем автомобиля и дорогой, что приводит к появлению вертикальной дополнительной силы, снижающей избыточную нагрузку от осей автомобиля на дорогу до заданных значений. Этот принцип потребовал незначительной модернизации первоначального варианта, практически не увеличив собственную массу транспортного средства.

Внедрение предлагаемой конструкции позволит повысить производительность автомобилей и снизить себестоимость перевозок. Название предлагаемому транспортному средству решено дать «экраниль».

**Современные методы
проектирования деталей
машин и механизмов**

Пройодимость колесно-шагающего движителя и методы ее повышения

Скойбеда А. Т., Жуковец В. Н.

Белорусский национальный технический университет

Для шагающих машин сопротивление движению определяется работой A_{Γ} на прессование грунта механизмами шагания, а коэффициент сопротивления движению f_{Γ} выражается соотношением: $f_{\Gamma} = A_{\Gamma} / G \cdot S_{\text{М}}$, где G – вес машины; $S_{\text{М}}$ – путь перемещения машины. Работа на деформацию грунта должна определяться максимальным значением нормальных реакций (без учета скорости изменения и времени действия силы).

Коэффициент сопротивления движению зависит от следующих параметров шагания: от величины используемого шага (чем он больше, тем меньше энергозатраты); от числа опор механизмов шагания, одновременно воспринимающих нормальную реакцию грунта; от использования режима движения «след в след» (чем больше опор перемещается в этом режиме, тем меньше энергозатраты); от использования походок, обеспечивающих минимальное изменение формы многоугольника опор и его положения относительно центра тяжести машины,

Для существующего образца колесно-шагающего движителя повышение проходимости может быть достигнуто следующими изменениями конструкции: увеличением радиуса кривошипа до максимально возможного значения $b = 0,1$ м, применением рационального профиля опорного башмака, обеспечивающего постоянство вертикального положения центральной оси ступицы. При этом, расстояние между осями вращения ступицы движителя и кривошипа сохранит прежнее значение $a = 0,1$ м, длина штанги башмака должна иметь значение $c = 0,315$ м, что обусловлено требованием по обеспечению положительного значения радиуса кривизны профиля опорного башмака, а также соответствием с существующим образцом движителя по вертикальному положению центральной оси ступицы.

В результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что у колесно-шагающего движителя передвижение обеспечивается не только качением башмаков, но и перешагиванием за счет кривошипов, поэтому процесс буксования оказывает меньшее влияние на скорость, чем у обычного колеса. Также, увеличением радиуса кривошипа, применением рационального профиля опорного башмака с увеличенной длиной штанги башмака, можно дополнительно улучшить проходимость колесно-шагающего движителя. С другой стороны, эти преимущества в наибольшей степени проявляются при тихом режиме работы.

УДК 621.85.052

**Действующий макет колесно-шагающего движителя
тягово-транспортных средств с пониженной виброактивностью**

Скойбеда А. Т., Комяк И. М., Давыдов В. С., Жуковец В. Н.
Белорусский национальный технический университет

Проблема внедрения шагающего хода в мобильной технике может быть решена путем применения шагающих движителей принципиально нового типа – шагающих колес, 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. Созданный в БНТУ колесно-шагающий движитель с пониженной виброактивностью при проведении дорожных и полевых испытаний в составе мотоблока МТЗ-05 продемонстрировал результаты, свидетельствующие о его больших потенциальных возможностях (увеличение тяги в 1.5-1.8 раза; способность преодолевать препятствия, непреодолимые для круглых колес; отсутствие буксования на почвах с малой несущей способностью и др.).

С целью дальнейшего совершенствования конструкции колесно-шагающего движителя на кафедре «Детали машин, ПТМ и М» БНТУ был изготовлен его действующий макет с ручным приводом, который позволил проводить исследования кинематики движителя в лабораторных условиях. Компоновка макета обеспечивает удобный доступ к узлам привода и быструю экспериментальную проверку изменений, вносимых в конструкцию несущих элементов, планетарного редуктора, ног и опорных башмаков движителя. С целью повышения поперечной устойчивости макета опорное звено выполнено в виде тележки с самоустанавливающимися колесами, обеспечивающими стабильность движения при поворотах. Макет активно используется в учебном процессе при изучении рычажных механизмов и планетарных передач, а также в экспозиционной деятельности кафедры для демонстрации его работы в условиях закрытых помещений.

Развитие активизации ходовых систем с.-х. тракторных прицепов

Таяновский Г. А., Калина А. А.

Белорусский национальный технический университет

Наибольшее распространение при активизации тракторных прицепов различного назначения получило направление по разработке средств оперативной активизации в виде активных подкатных поворотных тележек сдвоенных или полунавесных полуприцепов и присоединяемого привода штатных неповоротных тележек с тандемными балансирными колесами. Учеными Белорусского национального технического университета разработаны и запатентованы многие технические решения средств оперативной активизации колесных прицепов, разработаны теоретические основы агрегатирования активных транспортных поездов.

Многолетний опыт теоретико-экспериментального анализа реализован в виде компьютерной автоматизированной системы функционального проектирования и согласования агрегатирования тракторов в составе транспортных агрегатов.

Такая информационная технология реализует системный подход к созданию транспортного агрегата и работает на сегодняшнюю действительность. Учеными БНТУ обоснованы параметры объединенного движителя выпускающегося лесохозяйственного форвардера с активным полуприцепом, предназначенного для работы под пологом леса, разработаны технические решения комплекса торфяных тракторных агрегатов на базе колесных тракторов с приводом колес технологических прицепов, проведены полевые испытания экспериментального образца запатентованного универсального активного оборотного автотракторного прицепа, позволяющего агрегатироваться как с трактором, так и с автомобилем-тягачем, что устраняет необходимость перегрузки груза при его доставке вначале в составе тракторного поезда по бездорожью, а затем автопоездом с выездом на дороги общего назначения и движением с большей скоростью.

Сейчас сложились условия, в которых количественный рост изобретательских предложений перешел в качество отработанных технических решений, в том числе при оснащении тракторов электроприводом колес, в результате чего применение активных прицепов становится актуальным и экономически оправданным. Расширяется спектр их применимости, возрос интерес производителей специальной автотракторной, технологической сельскохозяйственной, горной и военной техники к созданию прицепов с ведущими колесами.

**Виртуальные испытания кабины карьерного самосвала
на соответствие нормативным требованиям к устройствам защиты
при опрокидывании**

Лисовский Э. В., Шмелев А. В., Калина А. А.
. Белорусский национальный технический университет

При разработке новых кабин всегда приходится сталкиваться с прямой задачей обеспечения достаточной прочности конструкции и обратной задачей минимизации ее массы. Поэтому очень важно определить конструктивные решения для кабины таким образом, чтобы она обеспечила максимум прочности при минимуме массы. Также, при современном уровне конкуренции в машиностроении, ключевую роль играет минимизация времени проектирования и внедрения новой конструкции. Наиболее эффективное, комплексное решение перечисленных инженерных задач возможно с использованием компьютерного (виртуального) моделирования испытаний проектируемых конструкций

Для того чтобы систематизировать порядок выполняемых операций и исключить возможные ошибки при создании компьютерной модели кабины для проведения виртуальных испытаний на соответствие требованиям ROPS, была разработана методика проведения виртуальных испытаний. Методика пошагово описывает последовательность необходимых действий для создания корректной компьютерной модели кабины и проведения последующих виртуальных испытаний.

Оценка достоверности результатов моделирования, полученных с применением методики, выполнялась путем сопоставления с данными экспериментального определения показателей прочности кабины карьерного самосвала по требованиям ROPS при боковом нагружении. Конечнo-элементная модель исследуемой кабины карьерного самосвала была разработана в программном комплексе ANSYS. Далее модель передавалась в программу препроцессор LS-PrePost, где уточнялись настройки контактного взаимодействия конструкций, описания механических свойств материалов, граничных условий и т.п. Результаты компьютерного моделирования испытаний конструкций кабины для режима бокового нагружения получены в виде картины перемещений. Максимальное перемещение нагружающего устройства при виртуальном моделировании составило 263,6 мм, а входе натурного эксперимента – 269,5 мм. Таким образом, погрешность моделирования составила порядка 2%, что позволяет говорить о высокой достоверности модели.

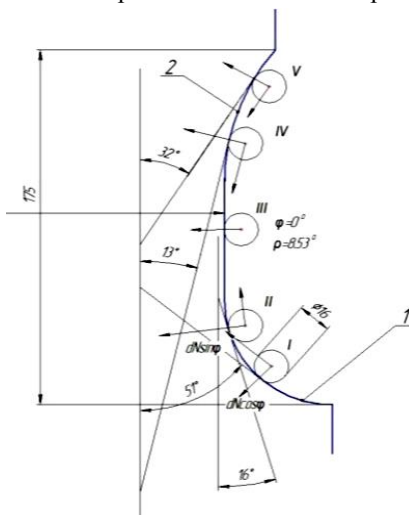
К выбору формы кабестана

Василенок В. Д., Бирич В. В.

Белорусский национальный технический университет

Число намотанных витков каната на барабан определяем из условия отсутствия проскальзывания каната по формуле Эйлера: $n = \frac{(lgS_{max} - lgS_{min})}{f \cdot 2 \cdot \pi \cdot l \cdot g e}$

Минимальное значение диаметра барабана в середине, для условия постоянного сбега каната к центру барабана. Сила $dN \sin \varphi$ стремится передвинуть канат, где φ – угол между осью вращения барабана и касательной к поверхности барабана, проведенной в точке прилегания каната к барабану (угол подъема кабестана). Сила трения $f dN \cos \varphi$ препятствует этому перемещению. Чтобы канат перемещался вдоль оси барабана, результирующая сила, сдвигающая канат, должна быть больше нуля, то есть $dN \sin \varphi - dN f \cos \varphi > 0$, что возможно, если угол φ больше угла трения $\rho = \arctg f$. В I $dN \sin \varphi$ стремится передвинуть канат к центру, сила трения $dN \cos \varphi$ препятствует передвижению, $\varphi < \rho$, т. II Hütte. Рассмотрены V положений каната, в том числе и на концах барабана 1 и 2, где следует делать наибольшую кривизну для обеспечения легкого сбега каната.



Параметры производящего контура несимметричного зуба

Василенок В. Д., Бирич В. В.

Белорусский национальный технический университет

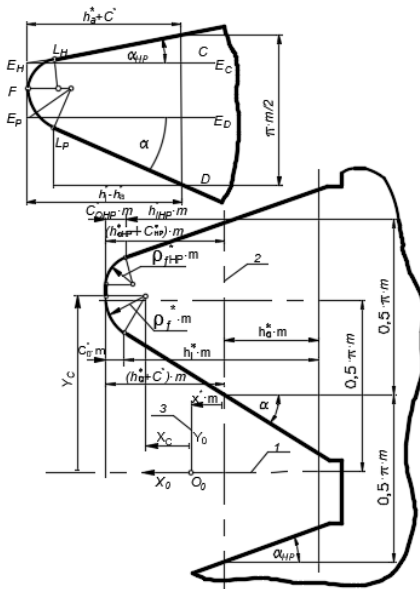
В работе приведены исходные параметры зубчатых колес с несимметричным профилем зуба: $\vartheta_{1,2, 1HP, 2HP}$ – углы профиля на окружности заострения в шестерни и колеса на рабочей и нерабочей стороне зуба, α_{twHP} – углы зацепления $\varepsilon_{a, aHP}$ – коэффициенты торцового перекрытия, $0,5 * S_{a1, a2}$ – часть толщины зуба на окружности вершины от рабочей стороны поверхности зуба до условной оси симметрии зуба

$$\vartheta_{1,2, 1HP, 2HP} = \text{in} \vartheta_{\alpha_{tw, twHP}} + \frac{0,5\pi + 2x_{1,2} * \text{tg} \alpha_{tw, twHP}}{Z_{1,2}}$$

Параметры рабочей стороны рейки $\alpha, C^*, h_a^*, h_f^*$ и нерабочей $\alpha_{HP}, C_{HP}^*, h_{1AP}^*, \dots$ заданы из расчета максимально возможного

$$C_{OHP}^* = E_H * L_H * \cos \alpha_{HP}, \quad \text{где } E_H F = E_{HP} * L_H = \frac{\pi}{2} - C E_C - D E_D - F * E_P,$$

$$E_P * L_P = \rho_f^* * \text{tg} (45^\circ - \frac{\alpha}{2})$$



Кинематика трехзвенных планетарных механизмов

Протасеня О. Н.

Белорусский национальный технический университет

Абсолютное передаточное отношение передачи зависит от относительных передаточных отношений, обозначаемых i_{12}^3 с индексами, соответствующими ведущему (1), ведомому (2) и остановленному (3) звеньям и выражает **основной закон кинематики** планетарного механизма:

$$i_{12}^3 = i_{AB}^C = (\omega_A - \omega_C) / (\omega_B - \omega_C).$$

Сформулируем принципы, вытекающие из основного закона.

1. Принцип реверсивности:

$$i_{ah}^b = 1/i_{ha}^b; \quad i_{ab}^h = 1/i_{ba}^h; \quad i_{bh}^a = 1/i_{hb}^a.$$

2. Принцип нулевой инверсии. При остановке водила механизм преобразуется в простую передачу:

$$i_{ab}^h = (\pm z_b / z_a).$$

3. Принцип «единицы»:

$$i_{AB}^C + i_{AC}^B = 1.$$

$$i_{ah}^b = 1 - i_{ab}^h; \quad i_{bh}^a = 1 - i_{ba}^h; \quad i_{hb}^a = 1 - i_{ha}^b.$$

Абсолютное передаточное отношение трехзвенного планетарного механизма определяется с учетом статуса водила (остановленное, ведомое или ведущее):

$$i_{пл} = f(i^h) = i_{12}^3 = \begin{cases} i_{12}^h = (\pm z_2 / z_1); \\ i_{1h}^3 = 1 - i_{13}^h = 1 - (\pm z_3 / z_1); \\ i_{h2}^3 = 1 / i_{2h}^3 = 1 / (1 - i_{23}^h) = 1 / (1 - (\pm z_3 / z_2)). \end{cases}$$

Сонич О. А.

Белорусский национальный технический университет

Современные коробки передач имеют в своем арсенале большие возможности для диагностики и выявления проблем. Диагностическое оборудование для испытания гидроблоков автоматической трансмиссии (АКПП) достаточно точно может определить, что является источником проблем и где искать неисправность. Но зачастую же диагностический прибор как инструмент для ремонта гидроблока АКПП видит следствие неисправности и, исходя из заложенных алгоритмов работы трансмиссии и самой диагностической программы, выдает наиболее вероятный источник проблем. Как показывает практика, источник проблемы может находиться совсем в другом месте и локализовать его электронными приборами зачастую невозможно.

Одним из решений данной задачи могут служить стенды диагностики элементов автоматической трансмиссии. Рассмотрим стенд диагностики гидроблоков KINERGO VBTM-K. Установка предназначена для тестирования и ремонта гидроблоков АКПП. Установка посредством электронного контролера симулирует работу АКПП согласно предписанным программам переключения передач и подает напряжение на соленоиды гидроблока, после чего снимает показания выходного давления с каждого канала и формирует графики зависимости, отображающие отклонение давления тестируемого гидроблока от эталонного (нового гидроблока). Для осуществления тестирования гидроблока применяется переходная плита, имитирующая присоединительную поверхность АКПП. Работа производится с маслом ATF, нагретым до рабочих температур и при разных входных давлениях, таким образом исключается погрешность, возникающая при изменении вязкости ATF на различных температурах.

Являясь задающим устройством стенд диагностики выдает определенный алгоритм, который должен выполнить гидроблок, как исполняющее устройство. На выходных масляных магистралях, идущих от гидроблока и которые включают в коробке передач определенные пакеты фрикционов и механизмы, в стенд диагностики установлены датчики давления, снимающие показатели в каждую единицу времени. Информация обрабатывается и выдается в виде временных графиков и таблиц с данными, которые можно сравнить с результатами эталонных тестов, проведенных на новых, рабочих гидроблоках.

Правильный анализ полученных данных может дать полную картину о состоянии гидроблока и поможет локализовать источник проблем.

Оптимизация глубины лазерной закалки поверхностных слоев зубчатых колес

Швец И. В.

Белорусский национальный технический университет

Одними из наиболее важных элементов механических трансмиссий являются зубчатые колеса, которые работают в широком диапазоне режимов и зачастую их ресурс лимитирует долговечность механизма в целом. От качества их работы зависят такие характеристики как кинематическая точность и уровень шума. Поэтому обеспечение высокого уровня физико-механических свойств зубчатых колес во многом определяет качество работы всей машины.

Для решения указанных задач предлагается использовать наиболее универсальный способ получения требуемых характеристик зубчатых колес при любой серийности производства с использованием современных высокоскоростных методов обработки концентрированными потоками энергии, наиболее перспективным из которых является лазерная обработка. Современный уровень развития лазерной техники позволяет расширить сферу ее эффективного применения в машиностроении и в частности добиться решения задачи обеспечения высокого уровня физико-механических свойств и долговечности зубчатых колес при снижении себестоимости упрочнения.

В частности, лазерная закалка рассматривается в качестве альтернативы цементации и последующей объемной закалке для снижения коробления зубьев, а также ионно – плазменному азотированию. Технология лазерной закалки сканирующим лучом без оплавления позволяет отказаться от шлифования поверхности после упрочнения, а также нет необходимости в закалке с отпуском и отжиге.

Расчет колес на глубинную контактную прочность при залегании опасной зоны в упрочненном слое или на границе слоя дает возможность определить вариант упрочнения, когда глубину закалки можно минимизировать и обеспечить при этом эффективную и долговечную работу зацепления, а возможность упрочнения и модифицирования поверхностей широчайшей номенклатуры материалов с повышением их эксплуатационных характеристик позволяет во многих случаях заменять дорогостоящие, сложнотермически обработанные материалы, используемые часто с целью обеспечения необходимой износостойкости поверхностей, на более простые, дешевые и доступные с приданием им нужных свойств.

Куранова О. В.

Белорусский национальный технический университет

Одно из направлений работ по обеспечению безопасности при ведении подземных работ – укрепление кровли и бортов горных выработок анкерной крепью. Такие выработки долго служат для транспортирования горной массы, доставки оборудования и материалов, безопасного передвижения людей.

Анкерная крепь – искусственное сооружение, возводимое для предотвращения возможности обрушения горных пород в горных выработках, а также при строительстве шахт, тоннелей, метрополитенов и др. подземных объектов. Конструкция анкерной крепи зависит от площади и формы поперечного сечения горной выработки, величины и характера горного давления, срока службы и других факторов. Анкерная крепь – металлический, железобетонный, полимерный или деревянный стержень, закреплённый в шпуре (скважине). Предназначена для упрочнения массива путём скрепления различных по прочности породных слоев. Крепь должна быть достаточно прочна, устойчива, долговечна, она должна минимально заполнять сечение выработки, иметь небольшое аэродинамическое сопротивление, минимальные затраты на изготовление, доставку и установку.

Основным видом крепления выработок на Старобинском месторождении калийных солей является анкерная (штанговая) крепь, обладающая достаточно большой податливостью и позволяющая осуществлять визуальный контроль крепления в процессе эксплуатации.

Механизм действия анкерных крепей заключается в том, что анкеры связывают слои пород и этим создается самонесущая породная балка.

Анкерная крепь является прогрессивной и экономически выгодной, применяется в широком диапазоне горнотехнических условий. Повышает безопасность ведения горных работ, так как лучше любой другой крепи противостоит взрывным работам, дает возможность полной механизации возведения, небольшие расходы материалов и затраты на доставку.

Хорошая организация работ, высокая квалификация рабочих, правильный выбор состава проходческой бригады, создание в забое нормальных санитарных условий (деятельной вентиляции, пылеподавлении, хорошей освещенности забоя) помогают достичь высоких показателей по обеспечению безопасности, креплению и проведению горных выработок.

Использование клинораспорных и замковых крепей

Куранова О. В.

Белорусский национальный технический университет

Полезное ископаемое может быть использовано лишь после его разработки, когда оно отделено от массива и доставлено на поверхность. В результате горных работ в толще полезного ископаемого или пустых пород образуются полости, называемые горными выработками.

Назначение разведочных горных выработок ограничено задачами геологических поисково-съёмочных работ и разведки месторождений полезных ископаемых. Поиски и разведку нередко проводят в экономически неосвоенных и труднодоступных районах, где часто отсутствуют подъездные пути, линии электропередач. Сложность проведения горно-разведочных выработок состоит также в том, что они характеризуются малыми сечениями, небольшими и, в основном, непостоянными объемами, рассредоточенностью, нестационарностью условий и сезонностью работ. Как правило, направление горно-разведочных выработок часто меняется вследствие необходимости прослеживания и геологического изучения рудного тела. При проведении разведочных выработок приходится иметь дело с большим многообразием горных пород, с вероятностью пересечения рыхлых и скальных пород различного литологического и петрографического состава.

Для подземных горных выработок характерной чертой является коэффициент концентрации напряжений – отношение напряжения в данной точке после проведения выработки к напряжению, существовавшему в нетронutom массиве. Наибольшей величины коэффициент концентрации сжимающих напряжений достигает в углах и боках выработки. В кровле и в почве выработки коэффициент концентрации растягивающих напряжений невелик. Вблизи контура горизонтальной или наклонной выработки, которая пройдена в упругом массиве горных пород, напряженное состояние может быть оценено величиной максимальных сжимающих σ_{\max} и минимальных растягивающих σ_{\min} нормальных напряжений. Также в горных выработках присутствует горное давление – силовое воздействие со стороны пород. В выработках, где прогнозируются большие смещения пород, целесообразно применять: клинораспорные замковые (КАЗ) в сочетании с винтовыми (КАМВ) анкерные крепи.

Применение рекуператоров энергии в колесно-шагающих движителях тягово-транспортных средств

Комяк И. М., Давыдов В. С.

Белорусский национальный технический университет

Наличие в конструкции колесно-шагающих движителей значительного количества поступательно и вращательно движущихся по сложным траекториям больших масс (консольные конструкции ног, параллелограммы механизмы привода ног, опорные башмаки, цилиндрические и планетарные зубчатые передачи и др.) являются причиной колебаний тягового усилия и, как следствие, колебаний линейной скорости оси движителя в процессе шага. Горизонтальные колебания оси движителя в сочетании с ее вертикальными колебаниями, обусловленными дискретностью взаимодействия башмаков ног с опорной поверхностью приводят к повышенной виброактивности таких движителей.

Одним из путей снижения виброактивности и повышения КПД колесно-шагающих движителей является применение в их конструкции рекуператоров энергии, запасующих ее при торможении движущихся масс (фаза входа башмака в контакт с опорной поверхностью и его прокатка по ней) и отдающих ее при их разгоне (фаза отталкивания башмака от опорной поверхности).

При разработке колесно-шагающих движителей с пониженной виброактивностью были проанализированы возможные конструктивные решения рекуператоров и наиболее оптимальные места их размещения. Было установлено, что наиболее перспективным конструктивным решением является установка пружинных или пневмо-гидравлических рекуператоров энергии во внутренних полостях коробчатых конструкций ног движителей. Такое решение обеспечивает минимальные массово-геометрические параметры движителей и обеспечивает защиту рекуператоров от внешних воздействий. Расчет функциональных параметров рекуператоров энергии необходимо проводить с учетом резонансных частот узлов и элементов колесно-шагающих движителей и максимальной конструктивной скорости движения с учетом масштабного фактора в случае изменяемой геометрии ног и башмаков.

Механика материалов и конструкций

Влияние деформационных и прочностных параметров исходных компонентов на монолитность создаваемых композиционных материалов

Василевич Ю. В., Неумержицкая Е. Ю., Мойсейчик А. Е.

Как известно, прочность композиционного материала как неоднородной слоистой системы определяется деформационными и прочностными параметрами исходных компонентов, их соотношением, а также взаимодействием на границе раздела. Обычно применяемый на практике метод эмпирического подбора элементов композита является продолжительным, малонадежным и дорогостоящим. Предложенные за последние годы, как в России, так и за рубежом некоторые общие теоретические соотношения между прочностными, деформационными и геометрическими параметрами элементов композита или весьма сложны для инженерного применения или справедливы лишь в первом приближении для однонаправленных систем при растяжении.

Монолитность армированного пластика предполагает сплошность его компонентов, отсутствие нарушения связей по границам их соприкосновения и однородность всей системы в целом. Композит монолитен до разрушения в том случае, если оно происходит вследствие нарушения сплошности армирующих элементов при достижении в них предельных напряжений. Если же начало разрушения армированного материала связано с нарушением сплошности связующего или связей на границе раздела фаз или же с потерей устойчивости волокон или слоев, то такой материал не является монолитным, и прочность армирующих элементов используется не полностью.

Прочность и монолитность композиционного материала неразрывно связаны. Нарушение монолитности при нагружении вызывает преждевременное разрушение материала. При этом из работы сопротивления внешним силам исключается связующее. Это важно не из-за воспринимаемой им доли общей нагрузки (не более 5%), а в том, что его основная роль состоит в перераспределении нагрузки между волокнами.

Несоблюдение условий монолитности приводит к снижению прочности системы. Поэтому для создания высокопрочного композиционного материала необходимо исследовать условия его монолитности. Очевидно, для этого необходимо наиболее полно использовать свойства связующего, чтобы оно не только в максимально возможной степени заполняло все промежутки между волокнами, но и было способно свести некоторые отрицательные последствия отверждения к минимуму.

Василевич Ю. В., Неумержицкая Е. Ю.

Остаточными напряжениями называются те напряжения в композиционном материале, которые остаются в нем после полимеризации связующего и снятия внешних нагрузок. Остаточные напряжения могут носить как положительный, так и отрицательный характер. Так, например, при намотке толстостенных цилиндров препрегом из тканых материалов в материале могут возникнуть после охлаждения такие остаточные напряжения, которые приводят к расслоению. Имеются способы борьбы с такими напряжениями. Так, вводится поэтапная намотка с промежуточным отверждением связующего или используется переменное натяжение полотна ткани в процессе намотки.

В приведенном примере большой перепад температуры, а также конструктивные и технологические особенности при формировании изделий из композиционных материалов вызывают появление после снятия технологической оснастки значительных напряжений, которые приводят к искажению геометрических размеров и даже к расслоению композиционного материала. Уменьшение таких напряжений возможно с помощью создания запрограммированного напряженного состояния в препрегах, которое суммируясь с остаточными напряжениями, образует минимальное или нулевое поле напряжений.

Остаточные напряжения в конструкционных изделиях могут возникать в процессе прессования изделий, литья под давлением, при формировании изделий из листовых материалов, при намотке изделий препрегами. Эти напряжения также возникают вследствие нагружения детали в отдельных областях тела за пределами упругих деформаций.

Остаточные напряжения, складываясь с рабочими напряжениями в процессе эксплуатации, приводят к перенапряжению детали и, как следствие, к преждевременному ее разрушению

Для погашения остаточных напряжений проводится расчет напряженного состояния препрега с целью определения нагрузки на препрег, которая позволяет установить в препреге напряжения, противоположные по знаку к остаточным. Следовательно, в этом случае, первичным являются знания остаточных напряжений.

Расчет инструмента для получения фторопластовых колец методом холодной навивки

Вершина Г. А., Реут Л. Е.

Белорусский национальный технический университет

Полимеры занимают одно из ведущих мест среди конструкционных материалов и приобретают все более широкое использование в различных отраслях народного хозяйства. Одним из таких материалов является фторопласт-4, который обладает целым комплексом уникальных физико-механических свойств, что обеспечивает его высокую востребованность в химической и электротехнической промышленности, авиационной технике, в приборостроении, машиностроении, нефтегазовой отрасли и атомной энергетике, а также в медицине, легкой и пищевой промышленности.

Работа посвящена изучению технологического процесса изготовления уплотнительных фторопластовых колец путем наматывания ленточной заготовки на цилиндрическую оправку и исследованию возможности получения деталей методом холодной навивки ленты и разрезания спирали на кольца без последующей их термофиксации, а также расчету инструмента, обеспечивающего получение изделий требуемого диаметра.

Вопрос холодного формования полимеров, подобно холодной обработке давлением металлических материалов, давно рассматривается в качестве возможной технологии получения полимерных изделий как наиболее экономичной по сравнению с горячим формованием и наименее отходной по сравнению с обработкой резанием. Основанием для принятия такой технологии является анализ механических свойств фторопласта-4 и его поведения в условиях силового воздействия, который показывает, что получение фторопластовых изделий методом холодного формования реально осуществимо и основано на высокой пластичности материала даже при низких температурах и невысоких нагрузках. Фторопласт-4 имеет высокую плотность и является высоко кристаллическим полимером, что позволяет рассматривать его механическое поведение под нагрузкой подобно поведению низкомолекулярных материалов и применять для его расчета соответствующие расчетные методы и подходы. При этом, как показывают исследования, в области сжатия фторопласт ведет себя как жестко-пластичный, а в области растяжения – как упруго-пластичный материал, поэтому после разгрузки возникает пружинение и происходит нарушение проектного размера. Это обстоятельство следует учитывать при разработке технологии и проектировании инструмента, что позволит получать изделия требуемой формы и точных размеров.

Анализ усталостной прочности деталей при циклических нагрузках

Реут Л. Е., Кардович Н. Б., Гончарова С. В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе работы машин и механизмов многие детали подвергаются циклически действующим напряжениям, возникающим либо в результате циклического изменения нагрузки по величине и направлению (например, в кривошипно-шатунном механизме), либо при постоянной внешней силе, но периодическом изменении положения детали по отношению к силовому воздействию (например, ось вагона, вращающаяся вместе с колесами). В таких же условиях работы находится и пара «втулка-вал», где контактные напряжения между втулкой и вращающимся внутри валом циклически изменяются от нуля до максимальных сжимающих на поверхности контакта. При этом наибольшую опасность представляет точка, расположенная под контактным участком на определенной глубине, где напряжения циклически изменяются в течение всего процесса работы механизма.

В результате действия циклических нагрузок в материале формируются необратимые процессы накопления повреждений, которые приводят к разрушению детали, и происходит это при напряжениях значительно более низких, чем предел прочности и даже предел текучести. Усталостное разрушение проявляется в появлении и развитии усталостной трещины – острого надреза, у дна которого создается объемное напряженное состояние, обуславливающее хрупкий характер разрушения при циклических нагрузках. При этом структура металла не меняется, начало разрушения носит чисто местный характер и связано со структурной неоднородностью материала.

Природа усталостного разрушения обусловлена особенностями строения вещества и это создает значительные трудности при разработке теории усталостной прочности, которая в основном базируется на эмпирической основе. Ее содержание полностью основано на объединении и систематизации экспериментальных данных и получении опытных зависимостей, которые в силу отсутствия основополагающих законов не являются универсальными.

В работе рассматривается вопрос определения предела выносливости материала с помощью диаграмм предельных амплитуд (диаграмма Хейга) и предельных напряжений (диаграмма Смита), построенных для стандартных цилиндрических образцов с высокой чистотой поверхности, и приведение полученного предела усталостной прочности с учетом всех влияющих на него факторов к значению, соответствующему геометрическому, механическому, технологическому и другим особенностям реальной детали.

Физические основы использования температуры как диагностического параметра агрегатов и конструкций машин

Мойсейчик А. Е.

Белорусский национальный технический университет

Использование температуры в качестве диагностического параметра оценки работоспособности узлов и агрегатов машин предопределено физической природой процессов, протекающих при их кинематической работе, в результате которой до 95% механических и других форм энергии превращаются в тепловую и вызывают повышение температуры трущихся деталей, пластически деформированных зон. Узлы и конструкции машин работают при воздействии переменных и динамических нагрузок. В зонах изменений формы сечений, конструктивно-технологических дефектов, трещин в металлических изделиях при работе возникают области пластических или вязкопластических деформаций, в которых протекают процессы внутреннего трения и происходит нагрев материала в таких зонах по механизму деформационного теплообразования. Высокая частота отказов шин карьерных автосамосвалов является причиной значительных затрат на поддержание работоспособности колес карьерных автосамосвалов (25...30% и более от суммы расходов на транспортирование массы). Так, отказы шин карьерных автосамосвалов БелАЗ-75131 происходят, в основном, из-за износа протектора и порезов (около 96%). Появлению таких дефектов в шинах способствуют факторы, за появление которых ответственны процессы генерации теплоты при вязкопластических деформациях и термоактивация разрушения. В шинах модели 33.00R51 температура материала растет со средней скоростью 10 °С/ч в первые 10 часов работы автосамосвалов БелАЗ-75131, а в дальнейшем увеличивается не более, чем на 1...3°С/ч, достигая за время работы примерно 110 °С.

Согласно данным исследований О.М. Ларина, оптимальной для долговечности и работоспособности шины является температура 70-75 °С (при температуре окружающего воздуха 20 °С). Температуру нагрева до 100 °С автор считает допустимой, интервал температур от 100 до 121 °С – критическим, а температуры выше 121 °С – потенциально опасными для работоспособности шины.

Считаю полезным применение теплового метода при технической диагностике агрегатов и узлов работающих в режимах близких к предельным. Контроль следует проводить в режиме мониторинга их теплового состояния системой бортовой диагностики с использованием как контактных, так и бесконтактных датчиков температуры.

Общепромышленные и комплексные проблемы

Охрана труда

Лазаренков А. М.

Белорусский национальный технический университет

Условия труда на рабочих местах плавильщиков металла и сплавов определяются комплексом факторов производственной среды таких как шум, запыленность, вредные вещества, температура воздуха, интенсивность теплового излучения.

Уровень шума на рабочих местах плавильщиков в зависимости от применяемого плавильного оборудования (индукционные печи, вагранки, дуговые печи, пламенные печи) находится в интервале от 82 до 93 дБ и превышает допустимый уровень 80 дБ.

Вредные вещества (оксиды углерода, оксиды азота, оксиды серы) фиксировались на рабочих местах у плавильного оборудования без превышения допустимых концентраций. Повышенные концентрации оксидов серы зафиксированы на завалочных площадках вагранок (в 1,3 – 1,9 раза). Содержание пыли в воздухе рабочей зоны плавильщиков отмечалось при операциях загрузки шихтовых материалов в плавильные агрегаты (в 1,7 – 2,6 раза).

Температура воздуха на рабочих местах плавильщиков превышала допустимые значения на 6 – 12 °С в зависимости от выполняемых операций и используемого плавильного агрегата (загрузка шихтовых материалов, очистка шлака, наполнение разливочных ковшей). Интенсивность теплового излучения на рабочих местах плавильщиков значительно превышала допустимые величины в зависимости от выполняемых технологических операций и применяемого плавильного оборудования. При загрузке шихты интенсивность теплового излучения изменялась в пределах от 820 до 2100 Вт/м², при наполнении разливочных ковшей жидким металлом - от 2200 до 4500 Вт/м², при снятии шлака с зеркала металла - от 2800 до 6300 Вт/м².

По тяжести трудового процесса профессии плавильщика металла и сплавов оцениваются классом 3.2 – вредные условия труда 2 степени, категория профессионального риска – средний (существенный), а по напряженности трудового процесса – класс 3.1 – вредные условия труда 1 степени, категория профессионального риска – малый (умеренный).

Таким образом при комплексной оценке условий труда плавильщиков металла и сплавов необходимо учитывать вышеуказанные факторы производственной среды, продолжительность нахождения работающих у работающего оборудования, используемое плавильное оборудование, а также выплавляемый сплав (сталь, чугун, цветные металлы).

Условия труда работающих на обрубочно-очистных участках литейных цехов

Лазаренков А. М., Хорева С. А.

Белорусский национальный технический университет

Условия труда работающих на обрубочно-очистных участках определяются комплексом факторов производственной среды таких как шум, вибрация, запыленность. Основными профессиями работающих являются обрубщик, наждачник, чистильщик металла, отливок, изделий и деталей; опиловщик фасонных отливок (абразивными кругами). Оценка параметров проводилась по результатам проведенных исследований на рабочих местах вышеуказанных профессий.

Уровень шума на рабочих местах обрубщиков значительно превышает допустимый уровень 80 дБ и в зависимости от применяемого оборудования находится в интервале от 91 до 106 дБ. На рабочих местах наждачников, чистильщиков и опиловщиков фасонных отливок шум также превышает допустимый и составляет 90 – 98 дБ (наждачные станки, ручные шлифовальные машинки).

Уровень локальной вибрации при использовании ручного инструмента работниками вышеуказанных профессий превышает допустимые значения на 3 - 9 дБ. Уровень общей технологической вибрации при применении автоматизированного оборудования находится в пределах допустимых величин.

Содержание пыли в воздухе рабочей зоны работников вышеуказанных профессий превышает предельно допустимые концентрации в 1,6 – 2,7 раза.

Интенсивность теплового излучения на рабочих местах превышала допустимые величины при использовании термических печей (от 380 до 1700 Вт/м² при выполнении операций по загрузке и выгрузке отливок).

По тяжести трудового процесса вышеуказанные профессии оцениваются классом 3.2 – вредные условия труда 2 степени, категория профессионального риска – средний (существенный), а по напряженности трудового процесса – класс 3.1 – вредные условия труда 1 степени, категория профессионального риска – малый (умеренный).

Таким образом при комплексной оценке условий труда работающих на обрубочно-очистных участках литейных цехов необходимо учитывать вышеуказанные факторы производственной среды, продолжительность нахождения работающих у работающего оборудования, а также используемое оборудование.

**Безопасность обслуживания электрооборудования систем
газоснабжения**

Филянович Л. П., Яганова А. А.

Белорусский национальный технический университет

Электрооборудование систем газоснабжения внутренней и наружной установки, предназначено для потенциально взрывоопасных сред используется во взрывозащищенном исполнении. Согласно Постановлению Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь № 14 от 03.05.2014 г. взрывозащищенное оборудование периодически осматривается, испытывается, подвергается техническому обслуживанию и ремонту в соответствии с графиком, утвержденным главным инженером или лицом, ответственным за электрохозяйство организации. Осмотр электрооборудования и сетей должен производиться: в начале каждой рабочей смены – электротехническим персоналом; не реже 1 раза в 3 месяца – ответственным за электрохозяйство организации или назначенным им работником. Обнаруженные при эксплуатации неисправности взрывозащищенного оборудования должны немедленно устраняться. Испытания взрывозащищенного электрооборудования проводятся в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов, не ниже величин, установленных эксплуатационной документацией организаций-изготовителей. Приборы, с помощью которых производятся электрические испытания во взрывоопасных зонах, должны быть взрывозащищенными. Проверка максимальной токовой защиты пускателей и автоматических выключателей проводится не реже одного раза в 6 месяцев. Периодические испытания электропроводки и разделительных уплотнений, установленных в стальных трубах; проверка взрывонепроницаемой оболочки; порядок организации ремонта взрывозащищенного электрооборудования, объем и периодичность выполняемых при этом работ должны соответствовать требованиям технических нормативных правовых актов. Техническое обслуживание взрывозащищенного оборудования проводится не реже одного раза в 3 месяца. Не допускаются соединительный контакт скручиванием жил кабеля (провода), уплотнение соединения изоляционной лентой, сырой резиной, образками оболочки гибких резиновых трубок. Исправность защиты от статического электричества и вторичных проявлений молнии, в том числе контактов, соединительных проводов, перемычек шин, должны проверяться не реже 1 раза в 12 месяцев. Проводится также постоянный технический надзор за КИП и системами автоматизации. Сведения о проделанной работе заносятся в эксплуатационную документацию.

Филянович Л. П.

Белорусский национальный технический университет

При эксплуатации ручного электрифицированного инструмента (электроинструмент) должны соблюдаться требования ТКП 427-2012 и ТКП 181-2009. Непосредственно соприкосновение проводов и кабелей с металлическими горячими, влажными и масляными поверхностями или предметами не допускается. Назначается ответственный работник, имеющий группу по электробезопасности не ниже III, который обязан вести журнал регистрации, инвентарного учета, периодической проверки и ремонта переносных и передвижных электроприемников и вспомогательного оборудования к ним (журнал). На корпусе каждого переносного и передвижного электроприемника, вспомогательного оборудования к ним или на специальной табличке, закрепленной на них безопасным способом, должны быть указаны инвентарный номер и дата следующей проверки. Периодическая проверка должна проводиться не реже одного раза в 6 месяцев с записью результатов проверки в журнал. В объем периодической проверки переносных и передвижных электроприемников, вспомогательного оборудования к ним входят: внешний осмотр; проверка работы на холостом ходу в течение не менее 5 мин.; измерение сопротивления изоляции; проверка исправности цепи заземления электроприемников и вспомогательного оборудования класса I. Ремонт переносных и передвижных электроприемников, вспомогательного оборудования к ним должен производиться специально подготовленным персоналом. После ремонта каждый переносной и передвижной электроприемник, вспомогательное оборудование подвергаются испытаниям. Перед первым включением в работу передвижной электроустановки должны быть произведены проверки состояния и изоляции и сопротивления повторного заземления. При каждой выдаче электроинструмента, передвижных электроприемников и вспомогательного оборудования к ним проверяются: комплектность и надежность крепления деталей; исправность кабеля и штепсельной вилки, целостность изоляционных деталей корпуса, рукоятки и крышек щеткодержателей, наличие защитных кожухов и их исправность (внешним осмотром); четкость работы выключателя; работа на холостом ходу; у электроинструмента класса I, кроме этого проверяется исправность цепи заземления между его корпусом и заземляющим контактом штепсельной вилки. При наличии замечаний по одному из требований выдавать электроинструмент запрещается.

**Требование к организации занятий обучающихся
с использованием ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ**

Автушко Г. Л.

Белорусский национальный технический университет

Образовательный процесс с использованием ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ во всех типах учреждений образования в нашей республике организован в условиях сохранения здоровья обучающихся, поддержания их работоспособности в течение учебного дня, недели, учебного года. Учебный процесс с ПЭВМ проводится в соответствии с СанПиН «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» и ГН «Предельно допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», утверждёнными постановлением МЗ Республики Беларусь от 28.06.2013г. № 59. Также, при этом учитывается возраст обучающихся, технические данные ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ, характер и сложность выполняемых операций.

Так, при организации учебного процесса в учреждениях дошкольного образования с использованием ВДТ, для воспитанников 5-6 лет соблюдаются следующие требования: занятия проводятся в не более 2 раз в неделю; продолжительность непрерывного занятия, связанного с фиксацией взгляда непосредственно на экране видеомониторов - не более 10 минут; одновременное использование одного ПЭВМ для 2-х и более детей не допускается; не используются портативные ПЭВМ; использование компьютерных игр с напряжённым темпом и жёстким содержанием запрещается. В учреждениях высшего образования при составлении расписания занятий с учётом использования ВДТ необходимо соблюдать следующие требования: в середине двоянного учебного занятия (90 мин.) предусматривается перемена не более 10 мин.; не допускается объединение третьего и четвёртого двоянных учебных занятий; продолжительность непрерывного занятия, связанного с фиксацией взгляда – 30 минут.

В целях предупреждения развития умственного, эмоционального и зрительного переутомления необходимо соблюдать перерывы длительностью не менее 10 минут после каждого занятия; во время перерыва проводить в отсутствие обучающихся сквозное проветривание класса с ВДТ; чередовать теоретическую и практическую работу не каждом занятии; централизовано отключать видеомониторы с целью обеспечения нормируемого времени работы; выполнять на занятиях упражнения для глаз, физкультурные паузы (1-4 мин).

Источники радиации в метрополитене

Науменко А. М., Ушакова И. Н.

Белорусский национальный технический университет

Сейчас на каждой станции метрополитена обустроены зоны досмотра, за ограждением которых на многих станциях установлены рентгеновские установки досмотра багажа и товаров, которые широко применяются в мировой практике для обеспечения безопасности перевозок пассажиров. В считанные секунды становится ясно, содержится ли в багаже предметы, представляющие опасность. Могут ли в процессе досмотра стать радиоактивными вещи, одежда? Не повредит ли рентген электронному устройству – телефону, фотоаппарату, дискам с записанной информацией и т.п.?

Рентгеновское оборудование для досмотра багажа и товаров допущено к использованию, и его работа регламентирована гигиеническим нормативом Санитарные правила и нормы 2.6.1.8-3-2002 «Гигиенические требования к производству, эксплуатации и контролю рентгеновских установок для досмотра багажа и товаров»,

По своей природе рентгеновское излучение – это электромагнитная волна определенной длины и энергии. Как правило, доза облучения багажа не превышает 0,1 мГрей. Поэтому вещи, одежда, продукты питания после сканирования остаются неизменными и не становятся радиоактивными.

Радон – элемент 18-й группы периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева 6-го периода, с атомным номером 86. Радон бесцветный инертный газ; радиоактивен, стабильных изотопов не имеет, может представлять опасность для здоровья и жизни. Наиболее стабильный изотоп (^{222}Rn) имеет период полураспада 3,8 суток. Накапливается радон под землей, в подвалах, где нет нормальной системы вентиляции. Радон быстро разлагается, кроме того, он регулярно просачивается сквозь стены и накапливается в помещении. Также накапливается и в метро. Если вентиляционная система метро работает плохо, то радон, попадая в организм, попадая в организм, краткосрочно ухудшает состояние человека.

Изотопы радона испытывают альфа-распад. Тяжелые изотопы радона (начиная с $A=223$) распадаются преимущественно посредством бета-распада.

Продукты распада радона попадают в легкие человека вместе с воздухом. Распадаясь, выделяют альфа-частицы, поражающие клетки эпителия. Распад ядер радона в легочной ткани вызывает микроожоги, а повышенная концентрация газа в воздухе может привести к раку.

Обеспечение пожарной безопасности высотных зданий

Ушакова И. Н., Науменко А. М.

Белорусский национальный технический университет

Обеспечение пожарной безопасности высотных зданий должно решаться на стадии проектирования и эксплуатации. Основным нормативным документом по обеспечению пожарной безопасности высотных зданий является ТКП 45-3.02-108 «Высотные здания. Строительные нормы проектирования». Данный ТКП предусматривает условия размещения высотных зданий относительно пожарных депо, противопожарные разрывы между зданиями, между зданиями и стоянками автотранспортных средств и др. Устанавливает требования по степени огнестойкости и пределам огнестойкости строительных конструкций. К примеру, потеря несущей способности наружных стен и противопожарных преград R180. Предел огнестойкости строительных конструкций должен быть не менее чем на 30 минут больше значения расчетного времени эвакуации из высотного здания. Установлены общие требования к устройству зон безопасности в зданиях, требования к устройству площадей для вертолетов и спасательных кабин в здании.

Во время пожара основную опасность представляет не открытое пламя, а задымление помещений. Поэтому нормативные акты, регламентирующие строительство зданий, предусматривают оборудование помещений вентиляционными и противодымными системами. Системы противодымной защиты включают: разветвленную систему вентиляционных каналов и шахт; всасывающие турбины или вентиляторы для устранения дыма; сеть специальных датчиков, реагирующих на резкое повышение температуры или химическое изменение состава воздуха; исполнительные устройства (кнопки дистанционного пуска и т.п.). В настоящее время предлагаются разные схемы для противодымной защиты с учетом высоты здания, изменения ветра по высоте здания. Особый интерес представляет собой схема с подачей воздуха несколькими вентиляторами, установленными на различных уровнях здания.

Высотные здания оборудуются автоматической системой пожаротушения. Систему внутреннего противопожарного водопровода зонируют по высоте здания.

Обеспечение пожарной безопасности высотных зданий зависит от соблюдения требований пожарной безопасности при эксплуатации. Это сохранность оборудования систем дымоудаления, недопустимость перепланировки и загромождения путей эвакуации, контроль систем оповещения.

**Специфика соблюдения отдельных требований по охране труда
на объектах малого предпринимательства**

Фасевич Ю. Н.

Белорусский национальный технический университет

Для работников не должно быть разницы, где работать, т.к. требования по охране труда для этих работников должны выполняться в полном объеме, гарантируя для них здоровые и безопасные условия труда.

Согласно требованиям отдельные виды работ, выполняемых в организации, могут выполняться работающими различных профессий и должностей, в том числе погрузочно-разгрузочные работы. Поэтому руководитель малой организации или другие работающие этой организации могут выполнять погрузочно-разгрузочные работы самостоятельно, но при условии выполнения следующих требований: 1) в малой организации должна быть разработана и утверждена в установленном порядке инструкции по охране труда при выполнении погрузочно-разгрузочных работ; 2) лица, допущенные к выполнению погрузочно-разгрузочных и складских работ должны пройти в установленном порядке медицинский осмотр, обучение, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда.

Следовательно, к погрузочно-разгрузочным работам можно допустить, в отдельных случаях, руководителей и специалистов организации, при условии, что такие работы не имеют постоянного интенсивного характера и объемы выполняемых работ не значительны. Наиболее сложной для малой организации является проблема, когда невозможно создать комиссию организации для проверки знаний работающих по вопросам охраны труда. Поэтому решать эту проблему, необходимо: либо направляем работающих организации в комиссию местного исполнительного и распорядительного органа для проверки знаний по вопросам охраны труда, либо в другую организацию, выполняющую аналогичные виды работ – погрузочно-разгрузочные

**Организация работы по охране труда в организациях,
осуществляющих ремонт автомобильного транспорта**

Фасевич Ю. Н.

Белорусский национальный технический университет

При организации работы необходимо соблюдать следующие требования, установленные для эксплуатации помещений, предназначенных для СТО: 1) При проектировании, строительстве и эксплуатации зданий СТО необходимо руководствоваться Техническим регламентом Республики Беларусь «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2009 №1748 «Об утверждении технического регламента Республики Беларусь «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность» (ТР2009/013/ВУ)»; 2) При организации охраны труда на СТО также необходимо руководствоваться Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации автомобильного и городского электрического транспорта, утвержденными постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 04.12.2008 №180/128; 3) Выполнение окрасочных работ транспортных средств осуществляется в соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда при выполнении окрасочных работ, утвержденными постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28.09.2012 №104.

В целях профилактики производственного травматизма и профессиональных заболеваний, улучшения условий и охраны труда, работающих СТО разрабатываются и реализуются планы мероприятий по охране труда [1]. Согласно требованиям 2 ч.2 ст.17 Закона Республики Беларусь от 23.06.2008 № 356-З «Об охране труда» наниматель несет обязанность по обеспечению на каждом рабочем месте условий труда, соответствующих требованиям по охране труда. Это в полной мере касается и станций технического обслуживания.

Травматизм на машиностроительных предприятиях

Пантелеенко Е. Ф.

Белорусский национальный технический университет

По данным Белстата более 40 % населения Республики Беларусь занято в промышленности. Производственный сектор экономики, по сравнению с другими видами экономической деятельности, с точки зрения вероятности несчастного случая является наиболее опасным в силу известных причин: персонал зачастую имеет дело со сложным технологическим оборудованием, которое само по себе представляет опасность. К лидирующим по травматизму сферам относятся: строительство, сельское хозяйство, транспортные перевозки, химическая отрасль, машиностроение. К наиболее распространенным травмам на машиностроительных предприятиях относятся механические (порезы, переломы, попадание в глаз стружки и др.), обусловленные наличием на рабочих местах движущихся и вращающихся частей оборудования, транспортных средств. Однако, в силу особенностей производства, возможны и термические, электрические, химические травмы: например, на ОАО «МАЗ» немалую долю имеет поражение электрическим током. Республиканский комитет Белорусского профсоюза работников промышленности в рейтинге причин травмирования в качестве лидирующей позиции называет несоблюдение работниками правил техники безопасности при работе, ремонте и уборке, алкогольное опьянение. Опрос студентов машиностроительного факультета заочной формы обучения, работающих по специальности, только подтверждает статистические данные. Вторая по частоте причина – плохая организация труда, недоработки руководителей, недостатки в проведении обучения, стажировки и проверки знаний по вопросам охраны труда. Третьей по частоте причиной является неисправность оборудования, приспособлений, инструментов. Лидерами по травматизму считаются крупнейшие предприятия страны: ОАО «БМЗ», ОАО «МАЗ», ЗАО «Атлант», ОАО «МПОВТ», ОАО «Белкард». Это не удивительно, если учесть количество работников организаций. Для снижения травматизма рекомендуется: усиление дисциплины, регулярное обучение, повышение мотивации на соблюдение техники безопасности, совершенствование техпроцессов и оборудования; создание, комфортных условий труда, применение СИЗ. На государственном уровне проводится действенная политика по уменьшению травматизма: за последние 10 лет почти в 3 раза уменьшилось количество потерпевших (в 2007 году пострадало 3 543 человека, в том числе 214 со смертельным исходом, в 2017 году – 1 390 и 76 человек соответственно).

**Воздействие электромагнитных излучений защитных систем
на организм человека**

Пантелеенко Е. Ф., Мордик Е. В.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день практически все торговые объекты оборудованы противокражными системами, по принципу действия делящимися на радиочастотные, акустомагнитные и электромагнитные. Наиболее дешевая и удобная из них – электромагнитная. Ее преимущества: защищает широкий спектр товаров, малые размеры защитных этикеток, высокая степень детекции, защищена от помех, простота установки и др. Недостатки - небольшая ширина защищаемых проходов, высокая цена систем, возможность влияния антенны на рядом стоящие POS-терминалы. Но, несмотря на очевидные плюсы такой системы, многие организации от них отказываются. А организации по поставке и монтажу даже не предлагают такой вид продукции. Системы электромагнитного типа используют сильное магнитное поле в диапазоне частот 10 Гц – 20 кГц. Метка - две полоски на бумажной наклейке: одна из материала с большим магнитострикционным эффектом, при попадании в сильное магнитное поле намагничиваются, возникают гармоники основной частоты внешнего магнитного поля, принимаемые детектором; вторая полоска из ферромагнетика, который при намагничивании (при покупке) работает как постоянный магнит и «отключает» первую, сигнальную полоску, нарушая ее магнитострикцию. Такие метки можно многократно намагничивать-размагничивать. Системы создают сильное магнитное поле, опасное для людей, применяющих кардиостимуляторы. Даже кратковременное нахождение в создаваемом магнитном поле, оказывает воздействие и на здорового человека. Астенический, астеновегетативный, синдром, заболевания нервной и эндокринной систем, гипертония, болезни крови – вот неполный перечень последствий. Типичные параметры электромагнитных систем предполагают напряженность поля в зоне детектирования в пределах 25..120 А/м. Если согласно установленным нормам для магнитного поля частотой до 3 000 кГц допустимый уровень напряженности магнитной составляющей при воздействии в течение 0,08 часа не должен превышать 50 А/м, а при воздействии в течение 8 часов – 5 А/м, то можно сделать вывод, что при применяемой напряженности поля даже кратковременное его воздействие на человека негативно влияет на здоровье. Именно поэтому большинство организаций отказываются от электромагнитных противокражных систем в пользу более дорогих, но менее вредных технологий.

**Исследования условий труда работников производства
хлебопродуктов и комбикормов**

Журавков Н. М., Вершеня Е. Г.

Белорусский национальный технический университет

Основной целью проведения исследований явилась аттестация рабочих мест по условиям труда на следующих предприятиях Брестского территориального региона: ОАО «Брестский комбинат хлебопродуктов», ОАО «Жабинковский комбикормовый завод», а также ОАО «Березовский комбикормовый завод».

Исследованы параметры условий труда на рабочих местах работников основных и вспомогательных профессий: «Аппаратчик комбикормового производства» (транспортерщиков, силосников, грануляторщиков, экспандерщиков); аппаратчиков обработки зерна, сушильщиков пищевой продукции, аппаратчиков мукомольного производства, аппаратчиков круяного производства и др. в различных производственных подразделениях и зонах при выполнении технологических операций.

В результате исследований установлено что основными вредными производственными факторами в рабочих зонах являются: повышенные уровни шума ($2\div 11$ ДБА > ПДУ) при операциях транспортировки, гранулирования, шелушения, экструдирования загрузки-выгрузки, фасовки, сепарирования зерна. Повышенные уровни общей технологической вибрации отмечены у персонала на линиях гранулирования и экструдирования зерна. Для транспортировщиков складов, силосников, грузчиков характерна работа в неотапливаемых помещениях. Превышения температуры воздуха рабочей зоны обнаружены у сушильщиков зерна (на 5°C). Производство хлебопродуктов и комбикормов являются пылевывделяющим, относящимся по взрывной и пожарной опасности к категории «Б». Повышенные уровни пыли (мучной и зерновой) обнаружены при расसेве муки; погрузочно-разгрузочных работах, затаривания продукции и др. Из показателей тяжести трудового процесса характерны: физическая динамическая нагрузка при подъеме и перемещении грузов, наклоны корпуса (для грузчиков), длительность сосредоточенного наблюдения за экраном ВДТ, ответственность за высокое качество основной работы (для операторов пультов управления), посменная работа с ночной сменой. По результатам исследований проведена комплексная оценка условий труда работников указанных предприятий с учетом временных факторов, что дало возможность определить их право на льготное пенсионное обеспечение, доплаты за работу во вредных и тяжелых условиях, дополнительные отпуска и др.

**Исследования условий труда медицинского персонала
санаторно-курортных комплексов**

Журавков Н. М., Мордик Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Выполняя гуманную миссию восстановления здоровья людей, медицинский персонал санаторно-курортных комплексов сам испытывает на себе влияние вредных факторов, сопутствующих их функциональной деятельности.

Исследования параметров условий труда на рабочих местах медперсонала проводились с целью аттестации рабочих мест в санаторно-курортных филиалах ОАО «Белагроздравница» и «Белпрофсоюзкурорт» (санатории: «Радон»; «Нарочь», «Росинка», «Буг», «Приднепровский», «Рассвет», им. Ленина, «Криница», «Лесные озера» и др.) изучались условия труда врачебного, среднего (медицинских сестер) и младшего медперсонала (санитарок).

Установлено, что основными санитарно-гигиеническими факторами, формирующими вредность производственной среды являются: повышенные уровни шума (на 2:4 ДБА в стоматологических кабинетах), (на 3ДБА в кабинетах подводного душа-массажа); повышенные уровни влажности воздуха (на 4-10% в водолечебнице, кабинете подводного душа-массажа, бассейне).

В качестве микофизиологических факторов медперсонала следует отметить: стереотипные движения (более 60 000) за смену при проведении массажа, наклоны корпуса (101-300 за смену) при отпуске процедур, работа с оптическими приборами (микроскопами в клиничко-биологических лабораториях). Наблюдение за экранами ВДТ (лаборатории функциональной диагностики, УЗИ и др.), эмоциональные нагрузки (ответственность за функциональное качество основной работы, посменная работа с ночной сменой, непосредственное обслуживание больных (диагностика лечение, процедуры, биологические исследования проб биоматериалов и др.).

По результатам исследования с учетом временных факторов проведения комплексная оценка условий труда на рабочих местах каждого работника, присвоены классы опасности и установлены соответствующие льготы за работу во вредных и тяжелых условиях (доплаты, дополнительные отпуска и др.).

Санитарно-бытовое обеспечение работающих на строительной площадке: влияние на работоспособность и основные особенности

Батяновская И. А., Первачук Ж. В.

Белорусский национальный технический университет

В любой строительной организации наниматель обязан создавать для работающих условия, которые обеспечивают сохранение их жизни, здоровья и работоспособности. Несоответствующее санитарно-бытовое обеспечение работающих на строительной площадке является одним из основных факторов, влияющих на снижение работоспособности работников, что приводит к падению производительности труда, повышению риска производственного травматизма, а также росту общей заболеваемости.

В настоящее время действуют следующие ТНПА, в которых установлены основные требования, предъявляемые к санитарно-бытовому обеспечению строительной площадки: ТКП 45-1.03-40-2006 «Безопасность труда в строительстве. Общие требования»; ТКП 45-3.02-209-2010 «Административные и бытовые здания. Строительные нормы проектирования»; Санитарные нормы и правила «Требования к организациям, осуществляющим строительную деятельность, и организациям по производству строительных материалов, изделий и конструкций», утвержденные Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2014 № 120. Вышеуказанные документы устанавливают требования к размещению, содержанию, эксплуатации, составу, размеру, количеству санитарно-бытовых помещений на строительной площадке. Кроме того, в этих документах отражены требования к территории, водоснабжению, водоотведению, освещению, микроклимату, условиям труда работников на строительном объекте.

Состав санитарно-бытовых помещений зависит от характера производимых на строительном объекте работ, количества работающих и определяется в строгом соответствии с ТНПА.

Анализ состояния санитарно-бытового обеспечения на строительных объектах республики показал, что там, где систематически нарушаются требования действующих ТНПА, показатели общей заболеваемости строителей выше на 13%, а тяжесть заболеваний приводит к увеличению дней нетрудоспособности на 15-20%. В результате установлено, что экономические потери от заболеваемости из-за плохого санитарно-бытового обеспечения в четыре раза превышают затраты на организацию его в соответствии с нормативными требованиями.

Профессиональные аллергические заболевания на производстве

Батяновская И. А., Вершена Е. Г.

Белорусский национальный технический университет

Число промышленных аллергенов в настоящее время велико и постоянно возрастает за счет синтеза новых химических агентов и внедрения новых технологических процессов.

Производственные алергоопасные вещества химической или биологической природы являются чужеродными для организма человека и вызывают развитие профессиональной аллергии.

Промышленными химическими алергоопасными веществами являются ароматические амины, нитро- и нитрозосоединения, органические окиси и перекиси, формальдегид, антибиотики, соединения ртути, мышьяка, никеля, хрома, скипидар, масла, деготь, смолы и др. В сельском хозяйстве алергены природного состава: пыль зерна, табака, хлопка, мука, шерсть животных, пыльца растений и др.

Алергены способны воздействовать на иммунную систему, вызывают алергические реакции, характеризуются развитием воспаления и проявляются в форме ринитов, синуситов, риносинуситов, фарингитов, ринофарингитов, бронхиальной астмы, астматического бронхита, экзогенного алергического альвеолита, эпидермита, дерматита, экземы и токсикодермии. Эти формы заболеваний чаще всего наблюдаются в химической промышленности, работников деревообрабатывающей и электронной индустрии, производстве полимерных материалов, биотехнологиях, в медицине и др.

Санитарные нормы и правила «Требования к контролю воздуха рабочей зоны», Гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11.10.2017 г. № 92, устанавливают концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Содержание производственных алергенов в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимые концентрации.

Эффективность профилактики профессионально-алергических заболеваний зависит от комплекса мероприятий, включающих социально-экономические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические элементы и санитарно-просветительскую работу. При своевременной диагностике, устранении профессиональных алергенов (перевод работника на другую работу) и правильном лечении прогноз, как правило, положительный.

Анализ условий труда испытателей при стендовой обкатке двигателей внутреннего сгорания

Кот Т. П.¹, Андруш В. Г.², Евтух А. К.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный аграрный технический университет

В процессе обкатки и испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) функции испытателя сводятся к контролю протекания приработки, управлению, регулировке, выявлению и устранению неисправностей. Поэтому необходимо постоянное присутствие испытателя в зоне обкатки, что, в свою очередь, неблагоприятно отражается на его здоровье и безопасности.

Одним из наиболее вредных факторов в зоне обкатки является повышенный уровень шума. Двигатель внутреннего сгорания является источником аэродинамического шума выхлопа, создаваемого пульсацией выхлопных газов, и механического шума, излучаемого поверхностями остова двигателя, а также аэродинамического шума всасывания. Уровень звука при обкатке ДВС достигает 100-120 дБА.

Источниками вредных токсических веществ в зоне обкатки являются отработавшие газы, проникающие через неплотности выхлопного патрубка системы газовыхлопа (более 90% общей суммы вредных выделений), картерные газы, образуемые утечками рабочей смеси через сопряжение цилиндровая втулка-поршневые кольца и парами смазочного масла, а также газы и пары, выделяющиеся при испарении и горении смазочного масла и обгорании краски двигателя.

Серьезную опасность при проведении испытаний ДВС представляет возникновение взрывов в картере и пожаров. Анализ причин возникновения взрывов показывает, что наибольшее количество взрывов в картере происходит вследствие перегрева поршня (53,8%), перегрева рамового подшипника (11,5%), перегрева подшипника промежуточной шестерни продувочного насоса (3,8%), проникновения топливовоздушной смеси из камеры сгорания в картер через замки поршневых колец (15,5%), перегрева втулок валов (15,4%).

Испытатели в процессе обслуживания и ведения контроля за работой двигателя вынуждены постоянно перемещаться, что не исключает появления травм при падении на скользкий пол из-за попадания на него остатков масла, топлива и воды. Нередки случаи получения травм движущимися, вращающимися и нагретыми частями двигателя, т.к. конструкция стендов обкатки не обеспечивает изоляции от них.

Оценка аэроионного состава воздуха при использовании электронных средств обучения в образовательном процессе

Абметко О. В.¹, Кот Т. П.²

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²Белорусский национальный технический университет

В системе образования пристальное внимание уделяется вопросам безопасности учебного процесса. К гигиеническому состоянию учебных помещений предъявляются наиболее высокие требования, особенно к аудиториям, оборудованным электронными средствами обучения.

При проведении исследований ставилась задача оценить уровень ионизации воздуха в учебных аудиториях и компьютерных классах БГАТУ с целью оценки перспективы нормализации аэроионного состава воздуха для предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье студентов.

Замеры концентрации аэроионов проводились в четырех временных отрезках в течение 5 учебных дней - 13.11.2017 г. – 17.11.2017. В зависимости от времени замеров менялись условия, которые должны были оказать влияние на концентрацию аэроионов.

В результате проведенных исследований были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований аэроионного состава воздуха

Полярность аэроионов	Концентрация аэроионов, ρ , (ион/см ³)						
	Время, условия проведения измерений и значение единичного измерения, ρ_i				Среднее, макс., мин. значения		
	8.15-8.30 (начало занятий)	12.30-12.45 (после 4 ч ауд. занятий)	13.10-13.25 (после проветривания)	15.10-15.25 (после влажной уборки)	ρ_{cp}	ρ_{min}	ρ_{max}
$\rho+$	210	470	340	250	317,5	210	470
$\rho-$	420	370	340	390	380	340	420
У	0,5	1,27	1,00	0,64			

В процессе дня концентрация аэроионов претерпевала изменения в зависимости от принятых условий.

Если до начала занятий концентрация отрицательных частиц над положительными была выше в 2 раза, то во время занятий эта величина заметно уменьшилась. После проветривания аудитории концентрация зарядов обоих знаков стала одинаковой. Влажная уборка как условие четвертого замера не внесла существенных изменений в отдельные показатели, но разница соотношений разнополярных аэроионов составила 140 см⁻³.

Таким образом, изменение концентрации аэроионов происходит главным образом за счёт таких факторов как дыхание людей, наличие в воздухе аэрозоль, продолжительность работы ПЭВМ.

**Совершенствование охраны труда при выполнении
производственных процессов уборки картофеля**

Молош Т. В.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Уборка урожая является одним из самых трудоемких процессов при возделывании картофеля и характеризуется наибольшим количеством нарушений требований охраны труда при этом, большую группу пострадавших с тяжелыми и смертельными травмами составляют трактористы-машинисты и механизаторы, на которых воздействуют различные опасные и вредные производственные факторы при подготовке к работе и эксплуатации картофелеуборочной техники. Для снижения производственного травматизма большое внимание следует уделять изучению возникающих опасных зон как при движущемся, так и при не движущемся машинно-тракторном агрегате (МТА). При работе МТА необходимо соблюдать ряд меры безопасности: механизатор пускает агрегат в работу, только убедившись в отсутствии людей в опасной зоне агрегата; перед разворотом необходимо убедиться в отсутствии людей у транспортных средств в месте разворота; проверять и регулировать рабочие органы, устранять неисправности, производить смазку, очистку рабочих органов допускается только при полной остановке агрегата с использованием необходимых инструментов и приспособлений, которые обеспечивают безопасность.

В процессе работы необходимо поддерживать техническое состояние МТА, что требует устранения отдельных неисправностей в полевых условиях и при этом влечет за собой ряд травмоопасных ситуаций. Для снижения риска травматизма следует предусмотреть установку рабочих органов, которые способны работать без заклинивания и наматывания растительных остатков не нарушая целостности конструкции и сохраняя основные параметры картофелеуборочного агрегата.

При проведении технического обслуживания (ТО) и ремонта трактор должен быть заторможен стояночным тормозом, копатель опущен на грунт или устойчив, при этом применяются достаточно твердые прочные подставки, двигатель трактора заглушен. При ТО и сборке копателя необходимо пользоваться только исправным инструментом. Гаечные ключи, бородки, молотки не должны иметь заусенцев и щербин.

Для улучшения охраны труда при уборке картофеля необходимо разрабатывать ряд мероприятий, основанных на анализе состояния производственной безопасности при выполнении технологического процесса.

Молош Т. В.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Животноводство является одной из важнейших отраслей АПК, которая характеризуется тяжелыми условиями труда, определяемыми разнообразными трудовыми процессами и санитарно-гигиенической обстановкой (температурно-влажностный режим и движение воздуха, токсические газы, уход за животными, работа на машинах и механизмах и др.). Возникающие при выполнении технологических операций опасные и вредные производственные факторы могут оказывать влияние на состояние здоровья работающих в отрасли, особенно на молочно-товарных фермах и комплексах. Каждый из них факторов в отдельности или в комплексе при определенных условиях может оказать вредное влияние на состояние здоровья работающих и производительность труда. В животноводческих помещениях складывается микроклимат, который не только отрицательно влияет на организм человека и животных, но и снижает сроки службы самого помещения и установленного в нем технологического оборудования, ухудшает условия труда обслуживающего персонала. Для обеспечения охраны труда на молочно-товарных фермах следует своевременно выявлять потенциальную опасность или вредность и разрабатывать мероприятия, которые полностью их обезвреживают и исключают. Причинами несчастных случаев в животноводстве нередко являются технические факторы – конструктивные недостатки или неисправность машин и механизмов, несовершенство технологических процессов, отсутствие либо выход из строя защитных средств и др. Вместе с тем, во многих случаях виновником травматизма является сам работник, который не выполняет требованиями по охране труда. Проектирование, организацию и выполнение технологических процессов необходимо осуществлять в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов, при этом предусматривать их комплексную автоматизацию и механизацию; устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами и отходами производства. Проблемы улучшения условий труда и производственной безопасности на молочно-товарных фермах являются актуальными и требуют глубокого комплексного изучения с использованием различных аспектов труда. Исследование и выявление возможных причин производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний на молочно-товарных фермах и на основе этого разработка ряда мероприятий, позволят создать безопасные и здоровые условия труда работающих.

**Метрология,
стандартизация,
и управление качеством**

**Методика модульной разработки проекта стандарта на основе
логики-семантического модели объекта стандартизации**

Бужан И. А.

Белорусский национальный технический университет

Обоснован метод фокус-групп как методологическая основа создания управляемых условий для процесса разработки первой редакции проекта стандарта. В рамках метода сформулирован модульный подход к разработке, в основу которого положена иерархическая фрактальная структура проекта стандарта. Предполагается, что проект первой редакции государственного стандарта прорабатывается поэтапно, в виде иерархически взаимосвязанных модулей, организационно реализуемых в виде сессий - взаимодействия разработчика проекта стандарта и членов фокус – группы.

Сформулированы шаги проведения сессии по реализации типовых модулей. Основное внимание уделено первому шагу – разработке анкеты для участников фокус-группы и организация опроса. Сформулирована логики-семантическая модель объекта стандартизации, определяющая разработку проекта стандарта как процесс поэтапного деления объекта стандартизации на дочерние элементы. Механизмом рационального деления выступают логические отношения (связи) между элементами: родовидовые, партитивные и ассоциативные. При этом приоритет имеют иерархические связи между понятиями.

Сформулированы две группы правил для формирования корректной анкеты для членов фокус-группы.

Первая группа правил определяет стратегию деления материнского структурного элемента проекта стандарта на дочерние элементы (разделы, подразделы, пункты, подпункты) по партитивному, родовидовому и ассоциативному признакам, определяет соответствующие подходы для формулирования вопросов анкеты для членов фокус-группы. Приведены рекомендации разработчику по выбору того или иного механизма деления на каждом уровне иерархии проекта стандарта в рамках каждой сессии.

Вторая группа правил определяет технику формирования структуры анкеты для отдельной сессии, предполагающей ответ на вопрос типа «какие разделы (подразделы, пункты, подпункты) из перечисленных в анкете должны, на ваш взгляд, войти в состав модуля?». Такая техника предполагает, что член фокус-группы оценивает предложенную структуру рассматриваемого элемента стандарта по альтернативному признаку, отвечая «да» или «нет», что обеспечивает максимально возможную достоверность экспертной оценки.

УДК 006.063

Разработка программы по подготовке производства строительных металлоконструкций к процедуре оценки соответствия требованиям стандартов серии СТБ EN 1090

Купреева Л. В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время у белорусских производителей строительных металлоконструкций, возникают проблемы, связанные с подтверждением соответствия выпускаемой ими продукции или оказываемых услуг требованиям стран ЕС. В связи с этим нами совместно с ООО «Норм Тест», являющегося официальным представителем немецкого Органа по сертификации систем менеджмента и персонала TÜV Thüringene.V. в Республике Беларусь, была разработана программа работ по подготовке производства строительных металлоконструкций к процедуре оценки соответствия требованиям стандартов серии СТБ EN 1090. Программа включает совокупность действий, основанных на требованиях стандартов СТБ EN серии 1090, а также учитывающих требования стандартов СТБ ISO серии 3834 и требования к системе менеджмента качества согласно СТБ ISO 9001.

Для успешной реализации процесса оценки соответствия строительных металлоконструкций производителю предлагается выполнить следующие основные этапы: определить область применения требований серии стандартов СТБ EN 1090; назначить ответственных лиц с установлением их обязанностей и полномочий; определить совокупность технических характеристик, подлежащих декларированию со стороны изготовителя и процедуры проведения первоначальных типовых испытаний; организовать проведение заводского контроля над производством, сварочного процесса и других технологических операций в соответствии с СТБ EN 1090 и СТБ ISO 3834; определить требования к материалам и комплектующим металлоконструкций; установить производственные правила по оформлению декларации характеристик качества, требования к управлению элементами инфраструктуры, организации их выполнения и способам контроля; разработать документы, регламентирующие и подтверждающие калибровку (поверку) и техническое обслуживание контрольно-измерительных приборов; а также определить другие требования и процедуры в соответствии с СТБ ISO 9001.

Рекомендации, изложенные в программе и разработанные совместно с ООО «Норм Тест», позволят отечественным производителям организовать производство строительных металлоконструкций в соответствии с техническим законодательством ЕС и успешно осуществить процедуру подтверждения соответствия данной продукции при экспорте.

**Модульный подход построения образовательных программ
подготовки специалиста в области метрологии, стандартизации
и сертификации**

Ленкевич О. А.

Белорусский национальный технический университет

Образовательные стандарты и учебные планы (поколение 3+) разрабатываются с учетом компетентностного подхода и модульного принципа проектирования.

Алгоритм проектирования образовательных программ подготовки специалиста в области метрологии, стандартизации и сертификации включает в себя следующие этапы:

- определение набора необходимых знаний (модулей), которыми должен обладать специалист, например, с помощью построения функциональной модели деятельности специалиста;
- формулировка перечня компетенций (знаний), которыми должен обладать специалист в области метрологии, стандартизации и сертификации;
- конкретизация компетенций через входящие в них учебные дисциплины – собственно проектирование учебного плана. Знания определяют виды, содержание и последовательность изучения дисциплин. Каждая дисциплина использует знания, полученные при изучении предыдущих(ей) дисциплин(ы) и создает основу для изучения последующих(ей) дисциплин(ы). Нарушение целостности получения знания приводит к не достижению требуемого уровня компетенций;
- подготовка образовательного стандарта.

Компетенции специалиста по метрологии, стандартизации и сертификации включают в себя три группы:

- универсальные;
- базовые профессиональные;
- специальные.

Учебные планы содержат государственный компонент (от 35 % до 55 %) и вариативный компонент учреждения образования (от 45 % до 65 %).

При проектировании образовательных программ учитывается не только определенная иерархия компетенций, но и соответствующие механизмы их реализации (через зачетные единицы). Продолжительность изучения модуля, обеспечивающих формирование у обучающихся компетенций – семестр либо учебный год. Трудоемкость модуля составляет не менее трех зачетных единиц. Трудозатраты студента в рамках формального обучения в течение одного года соответствуют 60 зачетным единицам.

Графическое исследование погрешностей при линейно-угловых измерениях

Лысенко В. Г.

Белорусский национальный технический университет

Автором 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. 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).

Платформа, которая была использована автором, 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, т.к. он может участвовать в этом процессе, изменяя численные значения параметров геометрической модели и наблюдая изменения погрешности системы.

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.

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.

Использование принципов работы конечностей биологических объектов для улучшения конструкции движущихся роботов

Лысенко В. Г.

Белорусский национальный технический университет

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. Они изменяют форму и размеры своего тела, чтобы создать нужное движение ног. Анализ биологических прототипов позволил нам создать несколько новых движущихся роботов. В обычных шагающих роботах используют несколько приводов для перемещения каждой ноги. Роботы отличаются тем, что каждый привод используется для перемещения нескольких ног. Таким образом, удалось минимизировать количество приводов у робота.

Можно использовать принцип движения как у голотурии (*Holothouria*). В этом биообъекте ноги не имеют приводов и степеней свободы относительно тела. Они жестко прикреплены перпендикулярно к поверхности тела, перемещаются и наклоняются вместе с деформацией этой поверхности. Для получения нужной траектории дистального конца ноги *Holothouria* используют деформацию корпуса в виде бегущей волны. Можно создать миниатюрные (микро) роботы с большим количеством ног и с незначительным количеством малогабаритных приводов.

Саламандра изгибает тело в горизонтальной плоскости и, благодаря этому, перемещает свое тело относительно точек опоры. Используя деформацию тела робота в горизонтальной плоскости, можно обеспечить его перемещение за счет минимального количества приводов. Приводы могут быть не соединенными с ногами, они нужны лишь для деформирования тела робота. При наличии трех приводов можно обеспечить перемещение робота, имеющего восемь ног.

Некоторые летающие насекомые создают резонансные колебания своих крыльев благодаря периодическому изменению формы и размеров своего жесткого тела. У этих насекомых мускулы соединены не с крыльями, а со стенками жесткого тела и деформируют его. Деформация тела превращается в колебание крыльев. Можно создать движущийся робот, у которого вибрировать будет корпус, а ноги будут лишены приводов. Нужная траектория дистальной части ноги образуется за счет возбуждения в проксимальной части упругой криволинейной ноги высокочастотных колебаний и, за счет механической трансформации этих колебаний в низкочастотные.

Павлов К. А.

Белорусский национальный технический университет

Международные стандарты ISO серии 37000 – это серия новых стандартов, направленных на борьбу со взяточничеством при осуществлении операционной деятельности, а также на протяжении всей глобальной производственно-сбытовой цепи. Стандарт способствует снижению корпоративных рисков и издержек, связанных со взяточничеством, путем внедрения управляемой базовой концепции по предотвращению, обнаружению и устранению взяточничества.

Многие организации уже потратили большое количество времени и ресурсов на разработку внутренних систем и процессов, противодействующих взяточничеству. ISO 37001 предназначен для поддержания и расширения работы, обеспечивая при этом прозрачность и ясность мер, которые организации должны внедрять наиболее эффективным способом.

ISO 37001 направлен на предотвращение, обнаружение и противодействие коррупционной деятельности, совершаемой как от имени организации, так от ее сотрудников или деловых партнеров. Применяя ряд соответствующих мер, включающих соответствующие рекомендации, антикоррупционная система управления определяет следующие требования: об антикоррупционной политике и процедурах; менеджмент, обязательства и ответственность высшего руководства; контроль за соблюдением своих функций менеджером; оценка рисков и проявление надлежащей осмотрительности по проектам и бизнес ассоциациям; контроль финансов, закупок, коммерческой и контрактной деятельности; отчетность, мониторинг, исследование и пересмотр; корректирующие действия и непрерывное совершенствование.

Организации могут быть сертифицированы по стандарту ISO 37001, аккредитованы третьими сторонами в целях подтверждения соответствия критериям стандарта. Однако, сертификация ISO 37001 не может обеспечить гарантии, что коррупция не будет иметь место в организации. Стандарт может гарантировать, что организация внедрила все необходимые меры для борьбы с коррупцией.

Стоит заметить, что стандарт на начало 2018 года пока не занесен в Фонд ТНПА, а соответственного применимость требований его для страны пока может осуществляться через признание только на международном уровне.

**Формирование контекста организации
на основе результатов PEST-анализа и SWOT-анализа**

Павлов К. А.

Белорусский национальный технический университет

С выходом новой версии международного стандарта ISO 9001 в 2015 году среди новых аспектов в действующих системах менеджмента качества появилось понятие «контекст организации». Данное положение стандарта вызвало ряд недопонимая со стороны менеджеров по качеству в целом, но, фактически, главным вопросом было: каким образом необходимо формировать данную документированную информацию.

Серия международных стандартов ISO 10000 предлагает для основы формирования контекста использовать SWOT-анализ. Однако SWOT-анализ рассматривает положение организации в условиях рыночной среды, а также описывает концепцию (идею) выпускаемой продукции и/или оказываемых услуг организации, что не в полной мере соответствует тем требованиям к контексту организации, которые предъявляются в разделе 4 ISO 9001. Поэтому в целях повышения уровня понимания положения организации после проведенного SWOT-анализа рекомендуется применять дополнительный механизм исследования – PEST-анализ.

PEST-анализ является инструментом, направленным на выявление политических (P), экономических (E), социальных (S) и технологических (T) аспектов, которые способны оказать прямое и косвенное влияние на стратегическое развитие организации. PEST-анализ помогает лучше понять текущее положение организации на внутреннем и внешних рынках:

- изучение политических аспектов (P) связано с тем, что сфера функционирования организации регулируется законодательными положениями, определяющих получение основных ресурсов для осуществления бизнес-процессов организации;

- изучение экономических аспектов (E) определено необходимостью четкого понимания схемы распределения ресурсов в рамках деятельности организации на государственном уровне как важнейшего из условий функционирования ее бизнес-процессов;

- изучение социальных аспектов (S) направлено на исследование потребительских предпочтений;

- изучение технологических аспектов (T) концентрируется на анализе тенденций в технологических процессах, которые часто являются причинами, по которым рынок несет потери и претерпевает изменения.

В совокупности результаты PEST-анализа и SWOT-анализа дадут более детальное понимание текущего состояния организации.

**Сравнительный анализ обработки информации
в системах мониторинга строительных конструкций**

Петрусенко П. А.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе уровень безопасности при строительстве высотных зданий и сооружений уже не обеспечивается традиционными методиками нормирования, основанными на коэффициентах запаса. Теоретически такой подход предполагает высокую степень надёжности, но на практике этого бывает недостаточно. По этой причине появилась необходимость в проведении работ по периодическому, а в некоторых случаях непрерывному мониторингу технического состояния сооружений и конструкций.

В настоящее время технология мониторинга находится в стадии разработки концептуальных основ, хотя последние внезапные разрушения зданий вывели эту проблему на одно из первых мест в системе превентивных мероприятий по обеспечению безопасности проживания населения, особенно в крупных городах.

В настоящее время на рынке имеется достаточное количество технических средств, позволяющих создавать системы мониторинга различного уровня [1]. Но алгоритмы обработки измерительной информации не систематизированы и не имеют нормативной базы. Это связано с тем, что каждое здание, даже построенное по типовому проекту, представляет собой индивидуальный информационный объект. Деформация элементов конструкции зависит от свойств грунта, расположения здания, силы и направления ветра и других факторов. Наиболее часто лавинообразному разрушению конструкции предшествует увеличение скорости деформационных процессов.

Нами предлагается алгоритм обработки измерительной информации, позволяющий выделить из периодического сигнала от перечисленных выше факторов прогрессирующую составляющую, которая является информационным признаком снижения надёжности и безопасности строительной конструкции. При этом учитываются особенности информационного сигнала, связанные с тем, что период составляющих связан со временем суток, сезоном, изменением погодных условий, первоначальной усадкой здания.

Сравнительный анализ экологических стандартов в автомобильной промышленности

Петрусенко П. А.

Белорусский национальный технический университет

Современное состояние атмосферного воздуха представляет большую угрозу здоровью населения. Ежегодное увеличение мирового автопарка приводит к резкому ухудшению экологического состояния воздушного бассейна. Наибольший вклад в загрязнение воздуха на сегодняшний день вносят передвижные источники загрязнения – автотранспорт и их двигатели. Выбросы отработавших газов – основная причина превышения допустимых концентраций токсичных веществ и канцерогенов.

Для улучшения экспортного потенциала страны необходимо, чтобы выпускаемая предприятиями техника соответствовала требованиям экологических стандартов, действующих в стране-экспортёре. В планах автомобильных предприятий республики – выпуск техники, соответствующей экологическим стандартам Евро-6.

Евро-6 – экологический стандарт, регулирующий содержание вредных веществ в выхлопных газах.

По сравнению с предыдущими стандартами, Евро-6 направлен на снижение двух видов вредных веществ: оксидов азота (NOx) и твёрдых частиц (PM). Уровень оксидов азота (NOx) сокращается на 80 %, выброс твёрдых частиц (PM) – на 50 %. Последний показатель является более строгим и важным, так как в расчёт идут не только вес, но и количество частиц. Чтобы соответствовать этим требованиям, необходим сажевый фильтр дизельного двигателя (DPF), предотвращающий попадание в атмосферу даже самых мелких частиц.

Отличительные особенности Евро-6 по сравнению с предыдущими Евро:

- ужесточение требований по содержанию загрязняющих веществ в выхлопных газах в 2-5 раз по сравнению с предыдущими требованиями;
- количество выбросов твёрдых частиц, представляющих собой сажу, сокращается до 0,005 г/км;
- измерение не только величины поглощения светового потока выхлопными газами, но и подсчёт количества частиц сажи;
- вместо использования либо SCR-системы, либо EGR-системы, совместное использование обеих систем;
- применение систем двухступенчатого промежуточного охлаждения надвучного воздуха в сочетании с системой EGR.

Имитационное моделирование систем технического зрения по критерию целевой неопределенности

Савкова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет

Любой регистрируемый объект может иметь почти бесконечное множество реализаций в виде цифровых изображений, что обусловлено большим количеством возможных сочетаний элементов технического и программного обеспечения и технической и информационной совместимостью элементов канала. Поэтому рациональным решением является его условное разбиение на блоки «осветитель», «регистрируемый объект», «матричный фотоприемник (цифровая камера)», «программное обеспечение», «устройство отображения» с последующим их поэлементным моделированием в зависимости от решаемых задач. Таким образом, рассматривая процесс получения цифрового изображения на микроуровне, мы переходим к распаковыванию «черного ящика» и подробному рассмотрению каждого звена информационно-измерительной цепи. В результате такого анализа мы получаем перечень источников искажения, а также степень их влияния на точность информации, проходящей по информационно-измерительному каналу. В то же время каждый элемент информационно-измерительного канала может также иметь определенное число реализаций. Реализация 1. Исследуемый элемент – «осветитель» (переменная X_{11}). Возможная измерительная задача – измерение цветопередачи. Реализация 2. Исследуемый элемент – «объект» (самосветящийся или несамосветящийся) – переменная X_{22} . Реализация 3. Исследуемый элемент – «цифровая камера» (переменная X_{33}). Реализация 4. Исследуемый элемент – «программное обеспечение» (переменная X_{44}). Реализация 5. Исследуемый элемент – «устройство отображения» (переменная X_{55}). Стандартная неопределенность $U(Y_{jk})$ реализации 1 определяется с помощью выражения:

$$U(Y_{jk}) = C_{jk} \cdot u(X_{jk}) \cdot C_{jk}^T, \quad (1)$$

где C_{jk} – матрица коэффициентов чувствительности размерностью $N \times N$.

Формула для определения среднеквадратического отклонения ошибки преобразования σ , при условии выполнения теоремы Котельникова:

$$\sigma = \frac{(f_{max} - f_{min})}{2^L \cdot \sqrt{12}}, \quad (2)$$

где f_{max} – наибольшее значение сигнала, f_{min} – наименьшее значение сигнала, 2^L – число уровней квантования, L – разрядность кода.

**Методика оценивания консенсуса мнений участников фокус-группы
в процессе разработки проекта стандарта**

Серенков П. С., Романчак В. М., Бужан И. А.

Белорусский национальный технический университет

При рассмотрении этапов взаимодействия разработчика с фокус-группой в процессе разработки проекта государственного стандарта, особое внимание должно быть уделено этапу сбора, анализа и обобщения данных анкетирования участников фокус-группы. Рассмотрен метод оценивания консенсуса участников фокус-группы в рамках реализации отдельного модуля, обеспечивающий необходимую достоверность оценки.

Сформулирована и решена задача оценивания и анализа данных анкетирования членов фокус-группы и принятия решения разработчиком по структуре, содержанию прорабатываемого элемента стандарта. С учетом результатов анализа рисков предложен комплексный подход к оцениванию степени консенсуса членов фокус-группы. Обоснована необходимость оценивания и детального анализа результатов голосования как в рамках каждой группы заинтересованных лиц (группа «Потребителей» и группа «Поставщиков», так и между группами.

Приведена методика поэтапного определения статистических характеристик оценок внутригрупповой и межгрупповой степени консенсуса. Предложены методы и критерии, корректные для решения задачи оценивания, оперирующей данными типа «да»-«нет».

Наилучшей несмещенной и эффективной точечной оценкой консенсуса в группе экспертов обоснована относительная частота голосов. Для оценки наличия консенсуса в каждой группе экспертов поставщиков и потребителей наиболее рационален метод Вальда. Для оценки наличия консенсуса мнений между группами экспертов обоснован точный критерий Фишера, который в основном применяется для сравнения малых выборок.

**Эффективные техники планирования эксперимента
для целей разработки инновационной продукции**

¹Серенков П. С., ²Сацукевич А. А.

¹ Белорусский национальный технический университет,

² ОАО «Минский завод колесных тягачей»

При создании и внедрении инновационной продукции, наибольший удельный вес в части трудозатрат имеют комплексные исследования с целью получения рациональных технических характеристик. Исследования осуществляются, как правило, экспериментальным путем, методами планирования эксперимента. Как правило, в технике планирования используют стадию предпланирования с применением методов отсеивающего эксперимента. Цель - поиск области последующих физических исследований – комплекса наиболее влияющих на результат факторов и их предполагаемых рациональных значений. Для достижения цели разработан алгоритм, включающий определенную последовательность шагов.

Первый шаг эксперимента. Все N выявленных потенциально влияющих факторов ранжированы по степени значимости. Выбираем из ранжированного ряда факторов три первых, наиболее влияющих фактора. Для них формируем полнофакторный план эксперимента типа 2^3 . Эксперимент проводим путем опроса экспертов с использованием методов альтернатив и покоординатного спуска. При этом структура задаваемых экспертам вопросов: «на сколько продукт с характеристиками в i -ой точке плана лучше (хуже) по целевой функции, чем во $(i+1)$ -й точке». В результате первого шага определяется точка плана, которой соответствует продукция, три главные характеристики которой дают наилучшее значение целевой функции.

Второй шаг эксперимента. К полученной точке плана «пристраиваем» очередной «куб плана эксперимента», характеризующийся набором следующих из N по рангу 3-х факторов. Эксперимент на втором шаге реализуется аналогично. Результатом второго шага будет точка плана, которой соответствует продукция, уже шесть основных характеристик которой дают наилучшее значение целевой функции

Далее по аналогии планируются и реализуются последующие шаги эксперимента по всем остальным N потенциально влияющим факторам. Конечный результат отсеивающего эксперимента – верифицированная совокупность влияющих факторов для основного исследования продукта методами планирования эксперимента.

Исследование погрешности измерений температуры жидкости бесконтактным методом с использованием инфракрасного пирометра

Соколовский С. С.

Белорусский национальный технический университет

В качестве объекта измерения выступает технологическая жидкость стенда, предназначенного для испытаний на долговечность жидкостных насосов, используемых в системах охлаждения автомобильных двигателей. Согласно разработанной методике выполнения измерений температуру такой жидкости требуется измерять в замкнутом закрытом контуре, в определённой его точке и при фиксированном расстоянии от точки измерения до пирометра. Очевидно, что несмотря на достаточно точное наведение пирометра на точку измерения (для этого предусмотрено использование специального лазерного указателя), на результат измерения температуры жидкости в этой точке будет также оказывать влияние инфракрасное излучение всего объекта, особенно его зон с наиболее высокой температурой (места расположения нагревательных элементов). Для оценивания возникающей из-за этого погрешности измерения было проведено следующее экспериментальное исследование. С целью получения опорных значений температуры использовался жидкостной эталонный термометр. Учитывая невозможность непосредственного измерения температуры рассматриваемой жидкости таким термометром, было принято решение эксперимент проводить по следующей схеме. Специальный сосуд, выполненный из такого же материала что и резервуар стенда, заполнялся жидкостью, аналогичной технологической жидкости стенда. Эту жидкость нагревали с помощью внешнего автономного нагревателя до температуры, превышающей верхний предел допустимого изменения температуры технологической жидкости стенда на 5 °С. Затем этот сосуд располагали на специальной подставке как можно ближе к месту расположения выделенной точки контроля температуры технологической жидкости стенда. В процессе остывания жидкости в сосуде в момент достижения температуры, соответствующей верхнему пределу допустимого изменения температуры технологической жидкости стенда, отключались нагревательные элементы стенда и по ходу совместного остывания системы «сосуд-стенд» производилось одновременное измерение температуры жидкости в сосуде с помощью эталонного термометра и пирометра. В результате проведенного исследования было установлено, что погрешность измерения температуры жидкости с помощью инфракрасного пирометра не превышает 3 °С, что является вполне приемлемым в данном случае.

Методика выполнения измерений температуры технологической жидкости при проведении аттестации испытательного стенда

Соколовский С. С.

Белорусский национальный технический университет

В качестве объекта исследования выступает стенд для испытаний на долговечность жидкостных насосов, предназначенных для использования в системах охлаждения автомобильных двигателей. Суть таких испытаний состоит в прокачивании испытуемым насосом технологической жидкости регламентированной температуры по замкнутому контуру при определённом давлении и фиксированной частоте вращения вала насоса. Как следует из методики испытаний, одним из наиболее важных параметров, определяемых при аттестации стенда, является температура технологической жидкости. Учитывая то, что такую температуру необходимо измерять в замкнутом закрытом контуре при функционировании стенда, было принято решение использовать бесконтактный метод измерения, реализуемый на базе инфракрасного пирометра «Нимбус-760». При этом возникла проблема минимизации методической погрешности измерения, связанной с тем, что такой прибор позволяет получать интегральную оценку температурного поля всего стенда, которое фактически весьма неоднородно. Очевидно, что температура технологической жидкости будет максимальной в зоне расположения нагревательных элементов и будет существенно отличаться в разных точках резервуара. Очевидно также то, что такую температуру необходимо измерять на входе в испытуемый насос. Для минимизации рассматриваемой методической погрешности измерения было принято решение использовать лазерный указатель для более точного наведения входного отверстия пирометра в нужную точку измерения. Были проведены исследования, суть которых состояла в измерении температуры жидкости в разных точках резервуара, равномерно распределённых по его объёму. Анализ экспериментальных данных показал, что неопределённость точки наведения такого пирометра может приводить к методической погрешности измерения температуры, составляющей около 6 °С, что является недопустимым. Второй проблемой было определение оптимального расстояния до объекта измерения. Для её решения было проведено дополнительное исследование, заключающееся в измерении температуры жидкости в выделенной контрольной точке на разном удалении пирометра от объекта измерения. Исследование показало, что минимальное значение погрешности измерения соответствует расстоянию от объекта измерения до пирометра от 0,5 до 1,5 метров.

Анализ программ подготовки специалистов по стандартизации в университетах мира

Слесивцева Ю. Б.

Белорусский национальный технический университет

Стандартизация в настоящее время является одним из ключевых факторов, влияющих на уровень развития экономики страны. С целью обеспечения комплексного подхода разработки эффективной системы обучения в этой области проанализированы образовательные программы университетов, участвовавших в конкурсе на лучшую программу по стандартизации, проводимом ИСО, и ведущих ВУЗов Российской Федерации.

В программах подготовки специалистов конкурса «The ISO Award for Higher Education in Standardization» имеются следующие недостатки: как правило, отсутствует понятие специалиста в области стандартизации; направленность исключительно на экономику, отсутствие мультидисциплинарных технических навыков; необоснованность структуры, количества и содержания дисциплин программы.

Документы, регламентирующие обучение по направлению «Стандартизация и метрология» в Российской Федерации, позволили отметить следующие недостатки: обобщенный характер формулировок компетенций и требований к обеспечению учебного процесса; нестрогое соответствие компетенций и дисциплин образовательной программы; отсутствие требований к оценке результатов обучения, подтверждающих полученные компетенции; небольшой удельный вес дисциплин, собственно, по стандартизации.

В результате анализа определены требования к образовательной программе в области стандартизации: ориентация на техническую мультидисциплинарность, базирование на системном подходе в соответствии с методологией стандартов ISO серии 9000, компетентностный подход к организации образовательного процесса. Обучение в области стандартизации, разумнее осуществлять в рамках комплексного направления, включающего кроме стандартизации метрологию и оценку соответствия. Эти направления дополняют друг друга, позволяя избежать проблем, которые сегодня переживает западная система образования в области стандартизации. Такой подход обеспечивает синергетический эффект – позволяет сохранять и развивать образовательный потенциал как каждого направления, так и всего комплекса в целом.

Методика оценивания знаний студентов

Слесивцева Ю. Б.

Белорусский национальный технический университет

Одной из задач государственной политики в сфере образования является интеграция в мировое образовательное пространство при сохранении и развитии собственных традиций. Для высшего образования, имеющего характер управляемого процесса, методика оценивания может стать инструментом для эффективного управления качеством знаний.

Степень обоснованности выставляемой оценки тем выше, чем больше вопросов включены в билеты. Предлагается оценивание студентов проводить по следующей методике.

1. Экзаменационные вопросы разукрупнить. Билеты сформировать так, чтобы в каждом билете было больше коротких заданий, охватывающих большое число разных тем. Билеты могут стать одинаковыми по сложности, если будут содержать аналогичные короткие задания по большинству ключевых тем курса.

2. Все вопросы разделить на три группы: С (5 баллов) – термины, базовые понятия, необходимые для инженерной практики, условные обозначения; В (10 баллов) – теоретические и практические вопросы в рамках рабочей программы, построенные так, чтобы на них можно было дать конкретные однозначные ответы; А (10 баллов) – вопросы повышенной сложности, позволяющие от оценки 9 (отлично) перейти к оценке 10 (превосходно).

Билет имеет следующую структуру: 8 вопросов С (в рамках всего курса), 5 вопросов В (в рамках одной темы курса), 1 вопрос А (в рамках одной темы курса).

3. Для более тонкой оценки знаний повысить дифференцирующую способность шкалы с помощью введения коэффициента адекватности знаний k : $k=0$ – отсутствие ответа или ответ не верный; $k=0,5$ – неполный ответ и/или содержит ошибки; $k=1$ – полный и правильный ответ.

Максимальное количество баллов, получаемых студентами на экзамене при условии полных и правильных ответов на вопросы билета – 100 баллов. В методике предусмотрен перевод результатов оценивания в традиционную 10-и балльную систему.

Предложенная методика оценки проста и имеет небольшую трудоемкость составления вопросов по сравнению с формированием классических тестов. Ее можно использовать для любых дисциплин. Она общедоступна для ознакомления, есть возможность перепроверки.

Измерения линейно-угловых параметров с помощью координатных измерительных машин

Хорлоогийн А. С.

Белорусский национальный технический университет

Координатно-измерительные машины (далее – КИМ) в мировом машиностроении применяются достаточно давно и по праву считаются одними из самых точных средств измерений. На данный момент достаточно большое внимание при реализации координатных измерений уделено вопросам, связанным с применением концепции неопределенности измерений в соответствии с требованиями международных стандартов. Ключевым моментом этой концепции является то, что результат измерений, кроме измеренного значения и погрешности измерения, должен содержать неопределённость измерений.

В математическую модель кроме точечной оценки входит большое количество поправок обусловленных:

- 1 инструментальной погрешностью средства измерений;
- 2 используемой методикой выполнения измерений;
- 3 погрешностями формы и расположения измеряемых поверхностей деталей;
- 4 используемыми алгоритмами обработки измеренных точек;
- 5 внешними факторами.

Расчет неопределенности измерения для КИМ является достаточно непростой задачей, в связи с чем чаще всего данной процедурой пренебрегают, считая неопределенность измерений равной неопределенности указанной в паспорте КИМ (при этом необходимо соблюдать условия эксплуатации КИМ). Под данной характеристикой обычно понимают только величину ошибки MPE (Maximum Permissible Error), которая определена в группе стандартов EN ISO 10360 и имеет вид:

$$MPE = A + L/K, \text{ мкм,}$$

где L – длина измеряемого объекта, мм;

A, K – постоянные, характеризующие КИМ.

Оно указывает предельное значение, за пределы которого не может выходить погрешность при выполнении измерений с помощью КИМ.

Так как на производстве нет возможности свести все влияющие факторы к минимуму, то возникает необходимость в создании более гибкой системы определения неопределенности измерений позволяющей учитывать любые их отклонения от допустимых значений.

Обеспечение измерений с помощью координатных измерительных машин

Хорлоогийн А. С.

Белорусский национальный технический университет

Координатными измерительными машинами (далее – КИМ) называют средства для определения линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения поверхностей и осей деталей.

Существуют различные классификации КИМ:

- по назначению: на универсальные и специальные;
- по размерам измеряемых деталей: на малогабаритные, среднегабаритные, крупногабаритные;
- по точности: прецизионные, производительные и низкой точности;
- по конструктивному решению: машины консольного, портального и мостового (на колоннах) типов. Также производятся КИМ комбинированной конструкции.

КИМ выпускают обычно двух версий: ручные и автоматические.

Основным критерием выбора КИМ для решения производственных задач контроля геометрических параметров деталей является соответствие технических, и, в частности, метрологических, характеристик КИМ требованиям метрологического обеспечения контроля параметров.

Основные метрологические характеристики КИМ, которые влияют на выбор соответствующей КИМ принято считать:

- диапазон измерений (мм) $X/Y/Z$;
- погрешность линейного измерения MPE_E .

Однако выбор КИМ по этим двум характеристикам можно считать не совсем корректным в виду наличия конструктивных особенностей каждой КИМ, которые влияют на обеспечение возможности получения результата измерений, то есть при необходимости измерений условно неконтролируемых параметров. В таких случаях значение погрешности линейного измерения MPE_E является не совсем информативным критерием выбора КИМ из-за небольшого отличия этих значений для КИМ разных классов. Например, значение MPE_E для определенной консольной КИМ (производитель Hexagon Manufacturing Intelligence) составляет $20+13L/1000 < 50$, а для крупногабаритной – $12+20L/1000$.

Естественно возникает необходимость в исключении невозможности получения результата измерений за счет анализа не только метрологических характеристик КИМ, но и различных функциональных характеристик, обеспечивающих контроль различных параметров.

Микро- и нанотехника

Исследование и анализ существующих моделей аморфного состояния тонкопленочных покрытий

Ковалевская А. В., Жук А. Е., Жук В. А.
Белорусский национальный технический университет

Образование структуры аморфного материала может быть описано кристаллической моделью, согласно которой аморфный материал формируется из мелких неориентированных, с отсутствием дальнего порядка, кристаллов, содержащих дефекты. Однако модель не объясняет различия в плотности аморфного и кристаллического материала. Более адекватной экспериментальным результатам следует признать кластерную модель, в которой образование аморфного материала рассматривается как формирование кластеров – группировок с сильными внутренними связями, с повышенной упорядоченностью взаимного расположения и разупорядоченными переходными областями. Представленная модель, вместе с тем, затрудняет описание трехмерной кристаллической решетки

Кристаллический SiC рассматривается как совокупность слоев из атомов углерода и кремния, смещенных друг относительно друга и чередующихся так, что образуется кубическая либо гексагональная упаковка из тетраэдрических структур, в которой атомы каждой решетки занимают тетраэдрические пустоты другой.

Образование аморфного состояния для тонкопленочных покрытий хорошо согласуется с поровой моделью, которая предполагает отсутствие взаимного проникновения атомов. Атомы занимают вершины систем пустых полиэдров (пор), ребра которых образованы связями между соседними атомами. Образование SiC рассматривается как построение пяти типов полиэдрических пор, соединяющихся произвольным образом. Поры типа тетраэдр и октаэдр характерны для кристаллических плотноупакованных структур.

Механизм образования карбида кремния в тонкопленочном покрытии связан, в большей степени, с бездиффузионным перемещением атомов углерода под воздействием плазмы тлеющего разряда. Поверхностные волны способствуют перемещению активных атомов углерода, образованию более сильной связи Si – C. Атомы образуют связь между соседними перемещенными атомами, занимая полиэдрические поры соседей (бездиффузионный механизм), а высокая скорость отвода тепла ($v = 60^\circ\text{C}/\text{моль}$) из зоны взаимодействия сохраняет аморфную структуру покрытия, которая характеризуется высокой диффузионной активностью, способностью к самоуплотнению, низким уровнем дефектности и внутренним напряжениям.

Исследование процессов движения эмиссионного потока при магнетронном распылении в переменном магнитном поле

Ковалевская А. В., Жук А. Е., Жук К. А.
Белорусский национальный технический университет

Принцип действия магнетронных распылительных систем, основанный на локализации плазмы тлеющего разряда в скрещенных магнитном и электрическом полях, позволяет осуществлять распыление ионами плазмобразующего газа различных материалов от тугоплавкого графита до полупроводникового кремния. Применение в МРС электромагнитной системы позволяет осуществлять зажигание при низких напряжениях за счет использования схемы автоматической стабилизации процесса напыления. Аномальный тлеющий разряд формирует «магнитные ловушки» в зоне пересечения магнитного и электрического поля, в которых электроны движутся по циклоиде. Многократное столкновение их с атомами рабочего газа (аргона или азота) повышает степень ионизации и плотность ионного тока, стабилизирует аномальный тлеющий разряд, что приводит к ионной бомбардировке поверхности катода. Скорость распыления материала мишени – катода ($5 - 50 \text{ нм} \cdot \text{с}^{-1}$) определяется свойствами распыляемых материалов и условиями охлаждения катода. Характер движения частиц в плазме изменяется в зависимости от отношения напряженности электрического поля разряда к давлению рабочего газа, которое в условиях низких давлений и высокой напряженности для МРС определяется соотношением: $E/p \geq 10^5 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$. При этом рабочее давление изменяется в пределах $0,1 \dots 10 \text{ Па}$. В непосредственной близости от катода образуется область темного катодного пространства, в которой положительные ионы рабочего газа движутся нормально к поверхности катода, ускоряясь под действием электрического поля. Ширина этой области пропорциональна отношению $2 U_k / E_k$, где U_k - катодное падение потенциала в тлеющем разряде ($U_k = 50 - 80 \text{ В}$), E_k - напряженность электрического поля у поверхности катода ($E_k > 10^5 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$).

Расчеты показали, что ширина темного катодного пространства для МТС с постоянным магнитом составляет $1 - 4 \text{ мм}$. Установлено, что изменение относительной напряженности электрического поля E / E_0 зависит от радиуса мишени и при малой индукции ($B_m < 0,05 \text{ Тл}$) напряженность поля практически постоянна по всему разрядному промежутку и эффективность аномального тлеющего разряда в МРС низка. Наибольшая относительная плотность электронов n / n_0 находится в области скрещенных полей E и B .

Исследование тонкопленочной системы Si-Fe-Si после отжига в вакууме методом атомно-силовой микроскопии

¹Маркевич М. И., ²Щербакова Е. Н.

¹Физико-технический институт НАН Беларуси

²Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день имеется множество работ, посвященных исследованию свойств силицидов железа как на фундаментальном уровне], так и на уровне прикладного использования. В данной области можно выделить три основных направления: исследование силицидов FeSi и Fe₃Si – как магнитных материалов спинтроники; исследование поликристаллического β-FeSi₂ – как материала для солнечных батарей исследование монокристаллических островков β-FeSi₂ – как материалов для светоизлучателей. В работе методом атомно-силовой микроскопии были исследованы тонкопленочные системы Si-Fe-Si с соотношением толщины слоев 50 нм - 55нм-50 нм до и после стационарного отжига в вакууме в течение 10 минут при температурах 600 и 700 °С. Система была сформирована путем последовательного электронно-лучевого напыления слоев кремния и железа на кремниевую подложку. Как показали ранее проведенные исследования, данное соотношение толщин слоев кремния и железа, а также температура и длительность отжига является оптимальными для формирования β-FeSi₂ [3].

Исследования проводились на многофункциональном сканирующем зондовом микроскопе NT-206. Полученные 2D и 3D изображения поверхности исходной системы Si-Fe-Si, а также данной системы после стационарного отжига в вакууме при температурах 600 и 700°С свидетельствуют о том, что стационарный отжиг при данных режимах не оказывает существенного влияния на рельеф поверхности.

**Организация системы высшего образования
в Сямэньском университете (КНР)**¹Маркевич М. И., ²Щербакова Е. Н., ³Ян Гуань-Юн¹Физико-технический институт НАН Беларуси²Белорусский национальный технический университет³Сямэньский университет

Сямэньский университет является единственным ведущим государственным университетом, расположенным в Специальной экономической зоне. За 85 лет своей деятельности университет стал одним из лучших вузов страны, в котором преподают опытные профессора и преподаватели. В нем учились и работали более 50 членов Академии наук КНР и Академии общественных наук КНР. В состав Сямэньского университета входит 26 институтов, 66 факультетов и 11 исследовательских институтов. В университете имеется одна из лучших библиотек страны, фонды которой составляют 4,3 миллиона книг, организован высокоскоростной интернет, скорость передачи данных одна из самых высоких среди других университетов Китая. Сайт библиотеки предоставляет доступ к 100 научно-исследовательским базам. Сямэньский университет сотрудничает с более чем 300 университетами по всему миру. Университет организовал 16 Институтов Конфуция, участвует в программе ЕС «Эразмус».

В Сямэньском университете сложилась система подготовки, согласно которой студенты осваивают большое количество материала самостоятельно, чем и обусловлено небольшое количество аудиторных часов в учебных планах преподавателей. Учебные аудитории оснащены по последнему слову техники. В каждой аудитории есть компьютер и проектор. Информация для студентов подается в виде презентаций, подготовленных преподавателем, на экран. После занятия студенты копируют материал с компьютера преподавателя и дома работают с ним.

В Сямэньском университете считают, что успех университета заключается в преподавательских кадрах. На данный момент в Университете работают примерно 3000 преподавателей, из которых доля профессоров и доцентов составляет 64%. Примерно 30% от общего числа преподавателей - это иностранные специалисты.

Все высшие учебные заведения Китая разделены на категории в зависимости от качества образования. Выпускники школ сдают единый экзамен. Поступление проходит в условиях жесткой конкуренции. Конкурс в отдельные университеты достигает несколько сотен человек на место.

Балохонов Д. В.

Белорусский национальный технический университет

За период с 2016 по 2017 год прогресс в технологии светодиодов привел к появлению серийных образцов мощных светодиодов со световым потоком 1000 лм и более, поэтому основной тенденцией развития светодиодных оптических систем транспортных средств в настоящее время является создание головного освещения на основе мощных светодиодов.

Конструкции головного освещения автомобилей на основе таких светодиодов, как правило, содержат параболический металлический или металлизированный рефлектор для создания пучка света с минимальной расходимостью. Светотеневая граница формируется специальной шторкой, после чего свет проходит через массивную проекционную линзу из стекла. Это позволяет получить качественную границу отсечки и не ослеплять водителей встречного транспорта, однако фара указанной конструкции получается тяжелой и имеет достаточно большую дисперсию, особенно около границы «свет-тень». Кроме того, изделия указанной конструкции не полностью используют световой поток источника света, что понижает КПД изделия.

В связи с этим более перспективными выглядят разрабатываемые конструкции адаптивных оптических систем транспортных средств на основе лазерной проекции, а также на основе матричных многокристальных светодиодов с произвольно управляемыми кристаллами. В частности, матричные светодиоды можно рассматривать как матрицы для генерации «изображения» заданного распределения силы света, которое затем проецируется на проезжую часть с помощью проекционной системы на основе линзы с поверхностями второго-четвертого порядка.

Данная конструкция отличается способностью сформировать в режиме реального времени практически любое распределение освещенности на проезжей части, включая «выкусывание» из освещенной области других водителей и пешеходов для ликвидации ослепления и принудительного освещения обочин дороги при повороте рулевого колеса.

Таким образом, основные современные тенденции светодиодной оптики автомобилями заключаются в применении мощных светодиодов, управляемых бортовым компьютером автомобиля для создания заданного распределения силы света с учетом внешних факторов.

Конструкция светодиодной фары для автомобилей

Сернов С. П., Балохонов Д. В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время критически важным для автомобильного транспорта является вопрос экономии топлива транспортным средством и снижения затрат времени на доставку груза. Однако для экономии времени необходимо находиться в пути круглые сутки, что повышает затраты энергии на автомобильную светотехнику, причем больше всего энергии потребляет головное освещение, а именно фары, подфарники, противотуманные фары и т.п. Таким образом, создание энергоэффективной, надежной и экономичной светодиодной фары является актуальной задачей. Конструкции существующих светодиодных фар, как правило, основаны на одном или двух мощных светодиодах со световым потоком 1000 лм или больше. Свет этих светодиодов преобразуется рефлектором и проекционной оптикой, что позволяет получить резкую границу отсечки, однако фары этой конструкции имеют большую массу из-за проекционной системы на основе монолитной стеклянной линзы и металлического (металлизированного) рефлектора. Кроме того, часть света светодиода теряется за счет использования перегородки для формирования границы «свет-тень». Для достижения оптимального по температуре режима работы светодиода в таких фарах снабжают принудительным активным охлаждением. Если вентилятор охладителя выходит из строя, все изделие сначала испытывает параметрический отказ, после чего светодиод необратимо выходит из строя из-за перегрева.

Для ликвидации указанных недостатков предлагается следующая конструкция светодиодной фары автомобиля: мощный светодиод, снабженный неизображающей охватывающей линзой для концентрации света в узкий пучок, освещает конический рефлектор из металлизированной пластмассы, совмещенный с перегородкой для формирования границы «свет-тень», после чего отраженный свет попадает на проезжую часть. Данная конструкция позволяет использовать весь световой поток светодиода и несколько уменьшить потери на отражение путем применения полного внутреннего отражения. За счет более полного использования светового потока можно будет уменьшить ток инжекции светодиода и таким образом понизить его температуру, что позволит не использовать принудительное активное охлаждение и улучшить надежность изделия. Масса изделия будет меньше за счет отказа от активного охлаждения и массивной проекционной линзы из стекла. Кроме того, дисперсия и цветовой растр изделия также должны уменьшиться.

Влияние модификаторов на процесс спекания и свойства керамики на основе феррита висмута¹Дятлова Е. М., ¹Сергиевич О. А., ²Сернов С. П.Белорусский государственный технологический университет¹Белорусский национальный технический университет²

Как известно, феррит висмута BiFeO_3 является соединением, на основе которого создают новые магнитоэлектрические материалы, имеет высокие температуры электрического ($T_c - 820^\circ\text{C}$) и магнитного ($T_N - 370^\circ\text{C}$) упорядочения. Магнитная симметрия BiFeO_3 допускает существование линейного магнитоэлектрического эффекта и намагниченности (вследствие слабого ферромагнетизма), однако наличие спиновой циклоиды приводит к тому, что средние по объему значения намагниченности в BiFeO_3 становятся равными нулю. Поэтому для получения магнитоэлектрического эффекта и увеличения величины намагниченности феррита висмута необходимым условием является разрушение спиновой циклоиды. Как все ферромагнитные материалы ферриты сохраняют свои магнитные свойства только до температуры Кюри, которая зависит от состава ферритов и колеблется в пределах $45 - 950^\circ\text{C}$.

Целью данной работы является разработка составов и технологических параметров получения керамических материалов на основе модифицированного феррита висмута с улучшенными эксплуатационными характеристиками и невысокой температурой спекания. Модификаторы в виде оксидов (х.ч.) Ce_2O_3 , Co_3O_4 и La_2O_3 вводились в количестве 0,1–0,2 мол. доли взамен оксида висмута. В результате исследования установлено положительное влияние La_2O_3 с минимальной объемной усадкой синтезированных образцов и небольшим повышением температуры спекания за счет образования меньшего количества расплава. Материал, синтезированный при 925°C , с модификатором La_2O_3 в количестве 5,34 мас. %, характеризуется следующими свойствами: водопоглощение – 1,39 %; плотность – 4040 кг/м^3 ; пористость – 8,0 %; водостойкость – 99,15 %, максимум диэлектрической проницаемости – 2210, тангенс угла диэлектрических потерь – 0,034, коэрцитивная сила – 64 кА/м, остаточная индукция – 1400 э. На кривой ДСК имеются 2 эндотермических эффекта при 368 и 732°C , обусловленных переходом $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в α -форму, и при $772\text{--}780^\circ\text{C}$ с перекристаллизацией одних кристаллических фаз в другие. Экзотермический эффект при 741°C возникает, вероятно, за счет химического взаимодействия оксидов висмута и железа и кристаллизации ортоферрита висмута. Фазовый состав опытных образцов представлен кристаллическими фазами $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, $\text{Bi}_{24}\text{Fe}_2\text{O}_{39}$, BiFeO_3 .

Керамические титаносодержащие износостойкие материалы

¹Сергиевич О. А., ¹Дятлова Е. М., ²Колонтаева Т. В., ¹Супрунчук Е. А.

¹Белорусский государственный технологический университет

²Белорусский национальный технический университет

Перспективность износостойкой керамики обусловлена исключительным многообразием ее свойств по сравнению с другими типами материалов, доступностью сырья, долговечностью керамических конструкций в агрессивных средах, стабильным коэффициентом трения при высокой износостойкости. Особый интерес представляет износостойкая керамика, изделия из которой работают в условиях длительных истирающих нагрузок. Нередко износостойкие детали работают при высоких температурах, резких перепадах температуры и других осложняющих факторах.

Целью данной работы является разработка составов и технологических параметров получения керамических материалов, обладающих высокой прочностью, износостойкостью и способностью работать длительное время в условиях истирающих нагрузок, в т.ч. и при повышенных температурах. Опытные композиции содержали диоксид титана, фтористый кальций и Онотский тальк в качестве активатора спекания, а также пластичные компоненты: огнеупорную глину марки «Керамик-Веско» и бентонит огланлыкский. В результате исследования физико-химических и прочностных показателей синтезированных при температуре обжига 1400 °С установлено, что средние значения кажущейся плотности составляют 3,630 г/см³, водопоглощение – 0,00 %, открытая пористость – 0,00 %, ТКЛР – $6,63 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹ при температуре измерения 250 °С, механическая прочность при сжатии –619,8 МПа, твердость по шкале Мооса – 7, микротвердость – 8,41 ГПа, кислото- и щелочестойкость – 94–97 %.

Рентгенофазовый анализ показал, что фазовый состав исследованных образцов представлен рутилом с незначительным количеством анатаза и перовскита. Согласно кривой дифференциально-сканирующей калориметрии при 204,3 °С наблюдается эндотермический эффект, обусловленный удалением адсорбированной, межпакетной и сольватационной воды глинистой составляющей, при 440,5 °С происходит дегидратация глинистых минералов в бентоните и глине. При 810 °С экзотермический эффект обусловлен формированием кристаллической фазы рутила. Изучение структуры поверхности и скола в совокупности с фазовым составом опытных образцов показало, что на поверхности размер кристаллов значительно меньше и поры практически отсутствуют. Сколы характеризуются более гетерогенной структурой, что проявляется в показателях микротвердости.

Составы для футеровки тепловых агрегатов, полученные с помощью СВС¹Шамкалович В. И., ²Климош Ю. А.¹Белорусский национальный технический университет²Белорусский государственный технологический университет

СВС представляет собой режим протекания экзотермической реакции, в котором тепловыделение локализовано в узком слое и передается от слоя к слою путём теплопередачи. Достоинство технологии СВС заложено в самом принципе – использование выделяющегося тепла химических реакций вместо нагрева вещества от внешнего источника, поэтому СВ – процессы успешно конкурируют с традиционными энергоёмкими технологиями. Порошковую смесь (шихту) помещают в реактор и в газовой среде производят локальное инициирование процесса (зажигание). Затем происходит самопроизвольное распространение волны горения, охватывающую всю смесь, завершение реакции и остывание синтезированного продукта. Огнеупорные покрытия, получаемые в режиме СВС, предназначены для защиты от коррозионного влияния различных сред и от воздействия к термическому удару огнеупорных керамических материалов тепловых агрегатов. Для приготовления экспериментальных композиций использовались следующие сырьевые материалы: алюминиевая пудра марки ПАП-1 или ПАП-2, глина месторождения «Лукомль-1», натрий кремнефтористый, оксид железа (III), электрокорунд, каолин месторождения «Просьяновский» природный, гранитоидные отсева, нефелин-сиенит, бутылочный стеклобой, отход глазурей, образующийся на ОАО «Керамин». В сухую и измельченную смесь исходных компонентов вводилось жидкое стекло и вода до получения пастообразной массы, которая кистью наносилась на поверхность образца огнеупора. Образцы оптимального состава, полученные по указанной технологии и обожженные при температуре 1150 °С, характеризовались следующим набором свойств: водопоглощение – 16,0 %; открытая пористость – 21,0 %; кажущаяся плотность – 1348 кг/м³; твердость по шкале Мооса – 8, теплопроводность (Т= 200 °С) находится в интервале 0,400–0,548 Вт/м·К. Анализ данных рентгенофазового исследования большинства образцов составов свидетельствует о том, что основными кристаллическими фазами покрытий являются α-кварц (или его разновидности), корунд, гематит, а также целый ряд твердых растворов кристаллической структуры (алюмосиликаты кальция и натрия) по своему химическому составу близкому к плагиоклазу.

Влияние различных добавок на свойства термостойких керамических кордиеритсодержащих материалов

¹Погребенков В. М., ²Попов Р. Ю., ²Богдан Е. О., ³Колонтаева Т. В.

¹Томский политехнический университет

²Белорусский государственный технологический университет

³Белорусский национальный технический университет

Изделия из кордиеритсодержащей керамики на сегодняшний день нашли применение в различных отраслях науки и техники. Например, они широко используются в электротехнике, машино- и приборостроении, в качестве конструктивных элементов тепловых агрегатов, как материалы для зеркал в лазерной технике, системе очистки воздуха, камерах дожигания и фильтрационных установках. Введение различных микродобавок в составы кордиеритсодержащих масс способствует активизации процессов спекания, формированию структуры кордиерита и увеличению его содержания в материале, что несколько повышает термостойкость при обеспечении достаточной прочности и электропроводности керамики. Перспективной в этом плане выступают такие добавки, как нитраты кобальта и меди, поскольку данные соединения могут образовывать целый ряд твердых растворов кордиеритоподобной структуры. В качестве основных компонентов керамических масс в работе выступали: огнеупорная глина месторождения «Веселовское», тальк онотский, технический глинозём, шамот. До смешивания с основными составляющими массы, в тальк вводился соответствующий минерализатор заданной концентрации. Далее тальк просушивался, после чего следовала его термическая обработка при 900 °С и 1000 °С, затем, после тщательного помола, полученный компонент добавлялся в шихту.

Изделия получались по полусухой технологии при обжиге в интервале температур 1150 – 1350 °С. Исследования фазового состава опытных образцов, обожженных при 1250 °С, позволили сделать вывод о том, что материал представлен преимущественно кордиеритом (его содержание не менее 70–80 %), в качестве побочных фаз фиксировались кварц, муллит, корунд. Структура исследуемых образцов достаточно однородная, представлена крипстокристаллическими образованиями сложного состава, зернами кварца, а также стекловидной фазой. Водопоглощение образцов составляло 17,26 %, температурный коэффициент линейного расширения – $2,84 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, прочность при сжатии – 30,05 МПа (при указанной температуре синтеза материала).

Тепло- и шумоизоляционные материалы, полученные по шликерной технологии¹Шамкалович В. И., ²Попов Р. Ю., ²Богдан Е. О.¹Белорусский национальный технический университет²Белорусский государственный технологический университет

Теплоизоляционные материалы, характеризующиеся невысокой теплопроводностью и значительной пористостью, широко используются для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений, технологического оборудования и различных теплотехнических установок. Их использование обеспечивает достижение высоких технико-экономических показателей и способствует существенному снижению расхода основных строительных материалов и, что более важно, топливно-энергетических ресурсов. Кроме того, использование новых эффективных теплоизоляционных материалов в строительстве приводит к улучшению комфорта в жилых и промышленных помещениях. Многие теплоизоляционные материалы вследствие высокой пористости обладают способностью поглощать звуки, что позволяет использовать их также в качестве акустических для борьбы с шумом. В керамической технологии традиционно применяют несколько методов поризации, однако наиболее эффективной является шликерная технология, позволяющая получать изделия, с высокой пористостью (до 85 %) и равномерной ячеистой структурой, что обеспечивает высокие теплоизоляционные свойства.

Получение опытных образцов керамических масс осуществлялось методом шликерного литья. Сухие глинистые компоненты, отошающие материалы после сушки измельчались, смешивались с остальными компонентами в соответствии с рецептурой, добавлялась вода. После перемешивания, в полученную суспензию вводились пена и крепители – гипсовое вяжущее марки Г-5 и портландцемент М400 – по 15 % сверх 100 %. Данная смесь взбивалась при помощи пропеллерной мешалки. Литье осуществлялось в специальные формы, в которых выполнялась подвялка изделий. Высушивались образцы в естественных условиях, а затем в сушильном шкафу при температуре 70 ± 10 °С до остаточной влажности 1,5–2 % и обжигались в электрической печи в интервале температур 1000 – 1100 °С. Образцы, полученные на основе оптимального состава, обожженные при температуре 1100 °С характеризовались следующими показателями свойств: водопоглощение – 66, 88 %; истинная пористость – 74,31 %; кажущаяся плотность – 691 кг/м³; механическая прочность при сжатии – 2,75 МПа, коэффициент теплопроводности 0,084– 0,141 Вт/(м·К).

Модуль контроля тепловых потоков

¹Сычик В. А., ¹Уласюк Н. Н., ²Глухманчук В. В., ³Шумило В. С.

¹Белорусский национальный технический университет

²НПО «Интеграл»

³ЗАО «Атлант»

В устройствах контроля тепловых режимов электронной аппаратуры используются модули контроля тепловых потоков, содержащие оптическую систему, фотодиодный термопреобразователь и измерительный узел. Структурно модуль контроля тепловых потоков содержит систему приема инфракрасных излучения, состоящую из защищенного снаружи инфракрасным фильтром объектива, имеющего две инфракрасные линзы, размещенные в корпусе. В фокусе объектива размещен полупроводниковый термодатчик, который выполнен мозаичным (матрица фотодиодов). Полупроводниковое основание термодатчика служит одновременно и термохолодильником. Устройство также содержит считывающий электронный блок с подводящим кабелем. Инфракрасный фильтр и линзы объектива выполнены из германия, поглощающего видимую и ультрафиолетовую области оптического спектра излучений и свободно пропускающего инфракрасные лучи в диапазоне 1-10 мкм. Размещение инфракрасного фильтра с наружной стороны объектива позволяет улучшить работоспособность устройства путем повышения точности измерений, разрешающей способности и чувствительности. В оптической системе применен объектив, содержащий инфракрасные линзы, который позволяет осуществлять контроль как с локальных участков, так и с широких областей радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) благодаря регулированию расстояния между линзами объектива с соблюдением постоянного фокусного расстояния. В фокусе объектива установлен высокочувствительный мозаичный полупроводниковый термодатчик, представляющий собой множество элементов, сформированных на полупроводниковом основании в горизонтальной плоскости, работающих на принципе внутреннего фотоэффекта. При наведении объектива устройства контроля тепловых излучений на участок РЭА, тепловой режим которого исследуется, на каждом из элементов мозаичного термодатчика появляется сигнал, пропорциональный интенсивности падающего инфракрасного потока от отдельных участков излучаемой поверхности. С каждого элемента термодатчика сигнал путем коммутации по сигнальному кабелю подается на измерительный блок с цифровым индикатором. В результате на цифровом экране измерительного блока фиксируется количественная и качественная картина теплового поля исследуемой поверхности с высокой разрешающей способностью.

**Трибоиспытания модифицированных термоэластопластов
с использованием АСМ**

^{1,2}Кузнецова Т. А., ¹Зубарь Т. И., ¹Лапицкая В. А., ¹Судиловская К.А.,
^{1,2}Чижик С. А.

¹Институт тепло-и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси
²Белорусский национальный технический университет

Представлены результаты определения методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) микроструктуры поверхности, шероховатости, сил и коэффициентов трения тонких пленок модифицированных сополиуретанимидов и нанокompозитов на их основе с добавками одностенных углеродных нанотрубок. Коэффициенты трения методом атомно-силовой микроскопии определяли при многопроходном сканировании. Получены зависимости коэффициентов трения от количества проходов для различных матриц модифицированных сополиуретанимидов. Обнаружено существенное влияние добавки 1 % одностенных углеродных нанотрубок на снижение коэффициентов трения Ктр пленок сополиуретанимидов. Установлено влияние нагрева от 20 до 30 °С на значения коэффициентов трения пленок нанокompозитов.

Методом атомно-силовой микроскопии исследована морфология поверхности матриц сополиуретанимидов с макромолекулами различной длины и нанокompозитов на их основе с 1 % одностенных углеродных нанотрубок. Определена их шероховатость, выявлена преимущественная ориентация одностенных углеродных нанотрубок в нанокompозитах и равномерное распределение одностенных углеродных нанотрубок в матрице на основе (Р-ТДИ-Alt – ТДИ-Р)СОД-п, вызывающее гомогенное структурирование.

В результате исследования трибологических свойств поверхности пленок сополиуретанимидов методом атомно-силовой микроскопии с многопроходным сканированием установлено, что эффективными способами управления этими свойствами может быть модификация добавками одностенных углеродных нанотрубок либо нагрев до 30 °С. Показана эффективность многопроходных испытаний при исследовании трибологических свойств поверхностей модифицированных сополиуретанимидов.

Установлено, что лучшими трибологическими свойствами обладает матрица 45 (Р-ТДИ-Alt – ТДИ-Р) СОД-п и нанокompозит на ее основе. Более короткая алифатическая развязка в макромолекуле матрицы способствует равномерному распределению одностенных углеродных нанотрубок в материале и формированию лучших трибологических свойств.

Многокомпонентный полупроводниковый термоэлектрический холодильник

¹Сычик В. А., ¹Уласюк Н. Н., ²Глухманчук В. В., ³Шумило В. С.

¹Белорусский национальный технический университет

²НПО «Интеграл»

³ЗАО «Атлант»

Конструктивно термоэлектрический холодильник(ТЭХ) состоит из гетероперехода, включающего обедненную p_0 -область из узкозонного полупроводника и обедненную область из широкозонного полупроводника. Обедненная p_0 -область контактирует с n_1 - полупроводниковой областью и сильнолегированным n_1^+ слоем, а обедненная p_0 область контактирует с широкозонной p_1 полупроводниковой областью и сильнолегированным p_1^+ слоем. На сильнолегированных n_1^+ и p_1^+ слоях размещены омические контакты, которые жестко связаны с внешними выводами n_1 -область ТЭХ изготавливается из узкозонного полупроводника, обладающего высокой подвижностью носителей, большим временем их жизни и возможностью методом легирования создавать в его объеме сильнолегированные слои, например из германия. Ширина n_1 -области ТЭХ определяется минимумом потерь электронов, инжектируемых источником питания U_n , подключается коммутатором и составляет $(0,5...0,8) L_d$, где L_d - диффузионная длина пробега электронов в n_1 или p_1 - области. p_1 область ТЭХ формируется из широкозонного полупроводника с большим временем жизни носителей и также возможностью создавать методом легирования в его объеме сильнолегированные слои, например из арсенида галлия. Ширина p_1 области определяется полным поглощением в ней тепловой энергии электронов, экстрагируемых из n_1 в p_1 - область и, составляет $(2...5) L_d$. Сильнолегированный n_1^+ слой представляет часть n_1 - области, который сформирован путем введения высокой концентрации донорной примеси $N_d \cong 10^{20} \text{ см}^{-3}$, обладает малым сопротивлением и обеспечивает омический контакт. Узкозонная n_1 область легирована примесью с концентрацией примеси $N_{d1} \cong 10^{18} ... 10^{19} \text{ см}^{-3}$, а широкозонная p_1 - область легирована акцепторной примесью.

Экспериментальный термоэлектрический холодильник при плотности прямого тока 1 А/см^2 позволяет получать предельную температуру охлаждения минус 25°С , расчетная надежность безотказной работы устройства составляет 10^5 часов. Для прототипа эти параметры соответственно составляют минус 10°С и $2 \cdot 10^4$ часов.

Инженерная экология

Экологические риски горнодобывающей промышленности

Скормахович О. Г.
ОАО «Белгорхимпром»

Горнодобывающая промышленность, в частности, калийная отрасль, является одной из ведущих в нашей стране. Калийная индустрия как важнейшая экспортно-ориентированная отрасль, базирующаяся на собственной богатой сырьевой базе, имеет большие перспективы: разведываются и осваиваются новые месторождения, происходит диверсификация производства и освоение новых видов продукции.

С каждым годом при проведении горных работ увеличивается глубина разработок, усложняются в целом горно-геологические и горно-технические условия добычи полезных ископаемых, что в свою очередь ведет к повышению отраслевых рисков горнодобывающей промышленности. Горнодобывающая промышленность относится к первичному производству и является одним из самых значительных источников воздействия на природную среду, поэтому изучение экологических рисков горного производства становится одной из актуальнейших задач. Идентификация экологических рисков неотъемлемо связана с выявлением негативных последствий непосредственного воздействия поражающих факторов на объекты окружающей среды, а также долгосрочных последствий экологического характера.

Воздействие горнодобывающей промышленности на окружающую среду разнообразно, охватывает многие природные компоненты и является достаточно интенсивным. В процессе производства нарушается экологическое состояние в зонах размещения промышленных объектов, таких как шахты, рудники, обогатительные фабрики. Изменения природной среды проявляются в различных сочетаниях негативных явлений, важнейшими из которых являются: отчуждение для производства горных работ плодородных земель, деформация земной поверхности, уменьшение запасов и загрязнение подземных и поверхностных вод, затопление и заболачивание подработанных территорий, обезвоживание и засоление почв, загрязнение вредными веществами атмосферного воздуха, неблагоприятные для местных экологических систем гидрогеологические и геохимические изменения.

В настоящее время вопросы классификации и управления экологическими рисками проектов в горнодобывающей отрасли находятся на стадии обсуждения, а управление проектами осуществляется с позиции предупреждения и учета общеизвестных рисков ситуаций.

Характер комбинированного действия горнодобывающей отрасли на окружающую среду региона

Хорева С. А., Жуковец А. М.

Белорусский национальный технический университет

При оценке воздействия горнодобывающей отрасли на окружающую среду региона, хозяйственной деятельности всего предприятия в целом, необходимо комплексно подходить к проблеме, начиная с первого этапа получения лицензии на разработку изыскательных работ. Однако, основные направления по защите населения промышленного региона ограничены тем, что характер комбинированного действия обусловленный одновременным суммарным эффектом десятков факторов воздействия горнодобывающей отрасли в окружающей среде, зачастую не превышает значений гигиенических нормативов.

Выбор мероприятий по выявлению поступления факторов производства горнодобывающей отрасли и их экологической опасности в регионе должен быть направлен на повышение эффективности контроля и за состоянием окружающей среды на территории региона, и за состоянием здоровья населения промышленного комплекса. Современная экология и гигиена являются междисциплинарными отраслями профилактической медицины. В настоящее время необходимо совершенствование методологических подходов для выявления процессов взаимосвязи на разных уровнях организации живого, единства функциональных изменений и в окружающей среде, и в организме человека. Хроническое действие факторов окружающей среды на основе зависимости доза – время – эффект достаточно объективно показывают доминирующие факторы риска формирования заболеваемости у населения региона промышленного производства и изменений качества здоровья популяции людей. Данные мониторинга здоровья и окружающей среды позволят оценить роль экологических факторов в качестве факторов риска, определяющих ранние нарушения в организме человека, чтобы применить своевременно грамотную профилактику.

Анализ проблемы взаимодействия горного производства и окружающей среды, позволил выявить закономерности этого взаимодействия и наметить основные пути решения проблемы в будущем.

Принципиальное значение имеет новая классификация видов и результатов воздействия горного производства на различные элементы биосферы, позволяющая более обоснованно разрабатывать стратегию развития горного производства.

Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду

Малькевич Н. Г.

Белорусский национальный технический университет

Ресурсосбережение – надежный и экономически выгодный способ снижения техногенной нагрузки на окружающую среду. Если сэкономить 1 т у.т., то в атмосферу не попадет 20 кг CO, 150 кг SO₂, 60 кг NO_x, 0,3 кг PbO, на земле не займет место 700 кг золы. Сжигание 1 т у.т. сопровождается выбросом почти 10 тыс.м³ воздуха, загрязненного продуктами сгорания, которые не только отравляют атмосферу, но и создают парниковый эффект.

На выработку 1 кВт·ч (3,6 МДж) электроэнергии на электростанции сжигается 360 г у.т., в результате чего выделяется 10,6 МДж энергии. На развитие, добычу, переработку, перевозку эквивалентного количества реального топлива с учетом затрат на дополнительные потребности и социально-бытовую сферу требуется 15-20 МДж энергии. Таким образом, для выработки 1 кВт·ч электроэнергии из невозобновляемых энергоносителей необходимо расходовать 15-30 МДж энергии, то есть в 6-8 раз больше, чем её вырабатывается.

Энергосбережение – это не только улучшение состояния окружающей среды, но и условие существования человечества. Без использования энергии невозможно обеспечить жизнедеятельность людей.

Экономия топливно-энергетических ресурсов имеет не только большое экономическое значение для народного хозяйства, но и снижает техногенную нагрузку на окружающую среду – уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу и сточных вод в реки и водоёмы, меньше образуется золы.

На деятельность предприятия по энергосбережению большое влияние оказывает состояние внешней среды. Это и отношение к энергосбережению потребителей энергии и её поставщиков, состояние энергопотребляющего и энергоснабжающего оборудования, качество энергоносителей, степень загруженности технологического оборудования.

Для того, чтобы управление производством стало энергосберегающей технологией, требуется глубокий анализ как принципов, так и функций управления. Все функции взаимосвязаны и в совокупности составляют систему поддержки и принятых решений.

**Разработка мероприятий по снижению воздействия
на атмосферный воздух технологии грануляции хлористого калия**

Бельская Г. В., Басалай И. А.

Белорусский национальный технический университет

Существенную роль в загрязнении Солигорского горно-промышленного района играют пылегазовые выбросы обогатительных фабрик, основное количество которых образуется в процессе сушки и гранулирования концентрата калия хлорида. При проведении основных стадий технологического процесса в атмосферный воздух поступают выбросы, в валовом эквиваленте которых концентрированная пыль калия хлорида составляет до 91%. Выделение его происходит на всех этапах грануляции - от технологических линий, ленточного конвейера, аппарата-сушилки, аппарата-охладителя, узла облагораживания, перегрузочного узла. Пыль KCl вызывает преждевременный износ технологического оборудования, потерю части сырья и готовой продукции, загрязнение атмосферного воздуха и почв. Это обуславливает необходимость максимально эффективного улавливания пыли хлористого калия.

Выбор оборудования при формировании системы пылеулавливания зависит от физико-механических свойств дисперсных частиц. Основная масса (83%) циклонной пыли представлена фракцией размером - 0,125 мм, средний размер частиц не превышает 0,136 мм. В связи с этим все источники пылевыведения оборудуются системами как минимум двухступенчатой очистки и обезвреживания выбросов.

Циклонное оборудование «Гипродревпром» Ц-1150, применяемое в настоящее время, не обеспечивает необходимый уровень очистки, который составляет 95%. Эффективность же улавливания пыли циклонами, работающими более 10 лет, не превышает 80%. Оптимальным вариантом замены 6 циклонов являются три установки УВП-СЦ-4-32-10-К ОАО «Консар» на основе рукавных фильтров с применением рециркуляционной схемы обращения воздуха. Данные установки предназначены для сухой очистки воздуха от пыли и химических примесей, имеющей размеры частиц не менее 0,02 мм и не более 5 мм. Эффективность очистки составляет 99,9%. Регенерация обеспечивается вибровстряхиванием. При выгрузке УВП-СЦ установка работы аспирационной системы не требуется. Установки СЦ занимают намного меньше места, чем циклоны. Кроме того, возможно использовать рециркуляцию теплого воздуха в зимний период для обогрева производственных помещений.

Рассчитана экономическая эффективность предлагаемых мероприятий. Срок окупаемости – 3 года.

**К проблеме образования и накопления шламовых отходов
производства поваренной пищевой соли**

Капитонец Е. Ю.
РУП «Бел НИЦ «Экология»

Производство поваренной пищевой соли методом вакуум-выварки хлоридно-натриевых рассолов характеризуется образованием значительных объемом шламовых отходов, постоянное увеличение которых в шламохранилищах приводит к их воздействию на окружающую среду.

На территории Республики Беларусь рассматриваемый метод производства пищевой соли используется на ОАО «Мозырьсоль», где шламовые отходы образуются в технологическом процессе очистки неочищенного хлоридно-натриевого рассола. Выделение отходов происходит при отстаивании подогретого неочищенного рассола, смешанного с содой каустической (NaOH, едкий натр), содой кальцинированной (Na₂CO₃, карбонат натрия) и 0,025% раствором флокулянта, в отстойниках. На 1 тонну поваренной пищевой соли приходится 53,125 кг шламовых отходов. Так при годовом объеме производства соли в 480 тыс. тонн соли в год образуется более 25 тыс. т. шламовых отходов, которые направляются на шламохранилище. Отход состоит из твердой фазы, основные компоненты которой – карбонат кальция (CaCO₃) и гидроксид магния (Mg(OH)₂), и жидкой фазы [1].

Воздействие на окружающую среду шламовых отходов многогранно и приводит к трансформации всех компонентов окружающей среды. Значительное воздействие данные отходы оказывают на подземные, поверхностные воды и почву, посредством их засоление путем инфильтрации рассолов через днище, борта и основания шламохранилища. Экологические проблемы эксплуатации шламохранилища обусловлены физико-химическим составом отходов и значительными объемами при существующей тенденции к последующему увеличению отходов.

В настоящее время, отсутствуют промышленные способы и методы переработки шламовых отходов. В этой связи, разработка способов и технологий переработки данных промышленных отходов является актуальной научной и прикладной задачей.

**Анализ мероприятий по снижению воздействия
на окружающую среду при производстве строительных материалов**

Мартынюк С. С.

Белорусский национальный технический университет

Обеспечение экологической безопасности в строительной отрасли осуществляется с помощью природоохранных мероприятий и рационального использования ресурсов, потребляемых на изготовление строительных материалов. Для получения объективной информации о состоянии и об уровне загрязнения различных объектов окружающей среды используются различные методы анализа. Эффективность любого метода оценивается совокупностью показателей: селективностью и точностью определения, воспроизводимостью полученных материалов, пределами обнаружения элемента и скоростью анализа.

Природоохранная деятельность включают в себя комплекс технических, технологических, экономических, юридических и организационных мероприятий, обеспечивающих защиту окружающей среды от воздействия производственных процессов.

Технические мероприятия предусматривают внедрение в производство оборудования, предусматривающего нейтрализацию, регенерацию и повторное использование применяемых в технологическом процессе материалов, а также природоохранного оборудования (фильтры, пылеулавливающие установки, установки локальной очистки и др.).

Технологические мероприятия предусматривают внедрение в производство щадящих, малоотходных, безотходных технологических процессов.

Организационные мероприятия предусматривают совершенствование взаимосвязи между бюро охраны окружающей среды и остальными подразделениями предприятия и филиалами, создание планов-мероприятий по обеспечению охраны окружающей среды на предприятии.

Одним из важнейших мероприятий, обеспечивающих эффективный контроль состояния окружающей среды, является инвентаризация всех выбросов и сбросов, загрязняющих атмосферу, воду и почву.

Таким образом, с целью улучшения качества окружающей среды и предотвращения вредного воздействия, необходимо планировать и разрабатывать мероприятия, направленные на внедрение современных технологий в производство строительных материалов.

**Возможности использования
отходов производства строительной керамики**

Басалай И. А.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы – оценить возможность использования отходов керамического производства в качестве наполнителей для газоочистных установок.

Технология производства строительной керамики включает в себя следующие основные этапы: подготовка сырья, переработка шихты, формование, сушка и обжиг. Отходы производства образуются на всех стадиях технологического процесса в виде различных осадков, боя изделий всех видов, отработанных гипсовых форм и сорбирующих агентов, сухого остатка (пыль, зола). Отходы строительной керамики классифицируют на обожженные и сырые. В зависимости от состояния применяются различные способы переработки отходов. Обожженные отходы как глазурованных, так и не глазурованных изделий, можно возвращать в производственный цикл.

Изучение мирового опыта использования отходов керамического производства позволило сделать вывод, что при производстве керамических изделий основным решением переработки отходов является дробление в специализированном оборудовании и возвращение в технологический процесс на стадию приготовления сырья либо передача в другое производство.

Изучение химического состава и свойств отходов керамического производства показало, что основными их составляющими являются Al_2O_3 – 17,04 % и SiO_2 – 59,37. Особенности кристалло-химического строения керамических отходов определяют специфические свойства – адсорбционные, вяжущие, коллоидно-химические и др., благодаря которым отходы находят применение в технологическом процессе, включая очистку промышленных сточных вод и атмосферного воздуха. Физико-химические свойства отходов керамики, прежде всего, адсорбционные и катионообменные, напрямую зависят от содержания основного порообразующего компонента и его структурных особенностей. Сорбционная емкость отходов керамики колеблется в пределах 70 - 100 мг-экв/100 г.

Эти характеристики позволяют предположить возможность использования отходов керамического производства и в качестве наполнителей в газоочистных установках.

Требования к сбору и хранению ртутьсодержащих отходов

Благовещенская Т. С.

Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь основную массу ртутьсодержащих отходов составляют утратившие свои потребительские свойства приборы с ртутным наполнением (отработанные люминесцентные лампы и трубки, термометры и т.п.). В меньшем количестве образуются ртутьсодержащие отходы от проведения демеркуризационных работ. Ртутьсодержащие отходы относятся к первому классу опасности и требуют особого обращения с ними на предприятиях. От правильной организации сбора и временного хранения таких отходов будет зависеть работа всей системы обращения с отходами на предприятии (например, при бое ламп или приборов с металлической ртутью возникает необходимость проведения демеркуризационных мероприятий, сбор, учет, хранение и транспортировка отходов, образующихся после проведения демеркуризационных работ). Поэтому необходимо предусматривать не только превентивные меры по предупреждению аварийных ситуаций, связанных с нарушением герметичности ртутьсодержащих отходов, но и разработать четкий план действий по локализации и ликвидации последствий таких ситуаций, а также порядок обращения с отходами, образующимися после проведения демеркуризационных работ.

На основании требований НПА и ТНПА к организации обращения с ртутьсодержащими отходами, можно сделать вывод, что перед тем как выбрать место сбора ртутьсодержащих отходов, оборудовать помещения (склады) и подготовить план действий в аварийных ситуациях необходимо:

- проверить объекты, перечисленные в инструкции по проведению производственного контроля в области охраны окружающей среды (далее – ПЭК),
- проверить наличие информации о порядке проведения демеркуризации, организации обращения с отходами, образующимися после проведения демеркуризационных работ, в т.ч. необходимость определения класса опасности этих отходов, в инструкции по обращению с отходами производства или инструкции о порядке учета, хранения и сбора ртути, ртутьсодержащих отходов,
- при наличии отходов, образующихся после демеркуризации, проверить Акт инвентаризации отходов производства за отчетный период и журналы учета отходов, и т.п.

Влияние фармацевтических производств на экологию

Голяк Н. С., Шакуро Н. Ф.

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

За последние 50 лет опубликовано множество работ свидетельствующих о присутствии фармацевтических субстанций в почвах, водоемах, грунтовых водах и даже в питьевой воде. Большинство из них являются чрезвычайно опасными и высокоопасными для природной окружающей среды. Лекарственные средства и их метаболиты, находящиеся в окружающей среде и вызывающие ее загрязнение называются фармацевтические поллютанты или фармаполлютанты.

Цель работы – оценка влияния фармацевтических производств на экологию в Республике Беларусь.

В 2016 году проводилось исследование сточных вод и водоемов на наличие лекарственных веществ. В результате исследования в озере Свирь обнаружен синтетический гормональный препарат этинилэстрадиол и противовоспалительный препарат кетопрофен, в сточных водах Минска, Витебска, Гродно, Борисова были обнаружены левофлоксацин, кетопрофен и диклофенак. Обнаруженные фармацевтические субстанции способны накапливаться в организмах животных, рыб, птиц. Гормональные препараты приводят к нарушению репродуктивной функции у амфибий и рыб.

Причины попадания фармполлютантов в окружающую среду – применение лекарственных средств не только населением, но и их использование в животноводстве, птицеводстве, рыбоводстве, а также выбросы и отходы фармацевтических предприятий. Количество фармацевтических производств в Республике Беларусь имеет тенденцию к росту, объемы производства увеличиваются. Загрязнение объектов окружающей среды отходами фармацевтической промышленности в Республике Беларусь обусловлено неэффективной утилизацией (слив в канализацию, сжигание), а также несовершенными методами очистки сточных вод от фармполлютантов или их полным отсутствием.

Для объективной оценки влияния фармацевтических производств необходимо контролировать сточные воды фармацевтических производств, подземные воды вблизи мест захоронения фармацевтических отходов. Но опубликованных результатов подобных исследований в Республике Беларусь найти не удалось.

**Экспертный подход как метод оценки принимаемых решений
при дефиците объективной информации**

¹ Лаптёнок С. А., ¹ Гордеева Л. Н.,
² Минченко Е. М., ³ Лукьянова М. Г.

¹ Белорусский национальный технический университет
² Государственное учреждение образования «Институт бизнеса
и менеджмента технологий» БГУ

³ Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В различных областях человеческой деятельности часто складываются ситуации, когда значимость факторов, оказывающих влияние на тот или иной процесс либо эффективность предполагаемых к проведению мероприятий сложно оценить с достаточной степенью объективности. В таких случаях прибегают к методам экспертного оценивания проблемных характеристик, устраняющим субъективизм в принятии решений посредством реализации специальных процедур согласования.

Очевидно, что наиболее трудоемким и продолжительным является этап подбора экспертов. Следовательно, сокращения времени, необходимого для принятия обоснованных решений, можно достичь путем привлечения к процедуре экспертизы уже сложившихся в процессе повседневной деятельности групп специалистов (коллегий министерств, консилиумов и т.п.) и использования вычислительной техники с соответствующим программным обеспечением для реализации этапов анкетирования экспертов и математической обработки данных.

Возможность применения различных подходов определяет высокую эффективность данного метода при проведении экспертиз как в условиях, когда временной фактор не имеет решающего значения, так и в экстренных случаях. Это касается практически любой сферы человеческой деятельности – от медицины, биологии и экологии до юриспруденции, экономики и государственной безопасности.

Высокая степень точности количественного выражения такой качественной величины, как степень согласованности субъективных мнений экспертов, определяет необходимость внедрения метода в практическую деятельность на всех уровнях – от выработки локальной тактики до принятия стратегических решений.

Моделирование геологических факторов риска загрязнения территорий радионуклидами с использованием технологии географических информационных систем

¹Лаптёнок С. А., ¹Гордеева Л. Н., ²Порада Н. Е., ²Лазар И. В.,
²Дубина М. А., ²Сыса А. Г., ²Живицкая Е. П.

¹Белорусский национальный технический университет
²Международный государственный экологический институт
им. А.Д. Сахарова БГУ

Средствами ArcView GIS были сформированы векторные пространственные модели территории Воложинского и Столбцовского районов Минской области с нанесением линеаментов, кольцевых структур, зон загрязнения ¹³⁷Cs и населенных пунктов. Визуализация данной информации и анализ пространственных моделей позволили установить следующее.

1. Расположение и направление разломов, над которыми расположены населенные пункты, включенные в «Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь №132 от 01.02.2010 г., практически полностью соответствуют расположению и направлению фрагмента Балтийско-Украинского супперрегионального линеамента.

2. Территория, загрязненная радионуклидами ¹³⁷Cs, соответствует территории, ограниченной разломами.

3. Территория Воложинского и Столбцовского районов, загрязненная радионуклидами ¹³⁷Cs, расположена точно над фрагментом Балтийско-Украинского супперрегионального линеамента.

Прослеживается тенденция к концентрации населенных пунктов, включенных в «Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь №132 от 01.02.2010 г., вблизи ряда линеаментов и кольцевых структур.

Причины данного явления могут быть установлены в ходе дополнительных исследований состояния и геофизических характеристик изучаемых зон.

**Новые требования стандарта СТБ ISO 14001-2017
к системам управления окружающей средой**

Благовещенская Т. С.

Белорусский национальный технический университет

СТБ ISO 14001-2017 «Системы управления (менеджмента) окружающей среды. Требования и руководство по применению» (далее – СТБ ISO 14001-2017) утвержден постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 11.04.2017 № 29 и введен в действие с 1 июля 2017 г. При этом срок действия СТБ ИСО 14001-2005 «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению» (далее – СТБ ИСО 14001-2005) установлен до 1 января 2021 года.

Стандарт новой версии значительно отличается от предыдущей структурой, а также изменились наименования элементов, их очередность и произошли изменения в терминологии.

Каждый стандарт на ту или иную систему менеджмента включает 10 разделов:

1. Область применения
2. Нормативные ссылки
3. Термины и определения
4. Контекст организации
5. Лидерство
6. Планирование
7. Поддержка
8. Операционная деятельность
9. Оценивание пригодности
10. Улучшение

Для упрощения интеграции систем менеджмента и сокращения документооборота структура новых и разрабатываемых стандартов по всем системам унифицирована, т.е. соблюдается единый подход к разбивке документов на разделы и некоторые пункты, которые в зависимости от системы будут иметь свое информационное наполнение.

Определение категории экологической опасности предприятия

Сидорская Н. В.

Белорусский национальный технический университет

Для разработки эффективных мер и средств защиты окружающей среды от вредных выбросов необходимо, прежде всего, знать степень загрязнения, т.е. категорию экологической опасности предприятия, цеха, производственного участка. В зависимости от массы и состава выбрасываемых веществ в атмосферу предприятия подразделяют по категориям опасности.

Определение категории опасности предприятия необходимо для:

- включения объекта в государственную систему учета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- разработки проекта плана по охране атмосферного воздуха;
- подготовки ведомственного проекта по установлению нормативов предельно допустимых выбросов.

Для определения категории экологической опасности предприятия используют данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу по форме статистической отчетности. В зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ выделяют четыре категории опасности предприятий. Предприятие считается не оказывающим вредного воздействия на атмосферный воздух, если ни один его источник выбросов не попадает в категорию опасных. Если источник выбросов вредных веществ опасен для окружающей среды, то рекомендуется:

- проанализировать соответствие применяемого оборудования экологическим стандартам;
- усовершенствовать технологические процессы на предприятии;
- разработать план мероприятий по обеспечению экологической безопасности на предприятии.

В зависимости от категории экологической опасности предприятия вводится периодичность контроля и отчетности предприятия.

Таким образом, определение категории предприятия как источника негативного воздействия на атмосферный воздух необходимо:

- для общей оценки экологической безопасности города (региона) в части оценки состояния выбросов и загрязнения атмосферного воздуха;
- при разработке природоохранных решений в целях обоснования перспективных планов развития городов и промышленных комплексов;
- для определения приоритетности проведения государственного контроля за охраной атмосферного воздуха на предприятиях.

Принципы организации экологического мониторинга

Цуприк Л. Н.

Белорусский национальный технический университет

Целью экологического мониторинга (ЭМ) является объединение ряда программ отдельных видов мониторинга для оценки и прогноза экологического состояния окружающей среды (ОС) путем организации сбора информации о состоянии компонентов природной среды в условиях единой системы.

Функционирование ЭМ в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) осуществляется при соблюдении следующих основных принципов:

1) Сбор (получение) мониторинговой информации должен проводиться на пунктах наблюдений, включенных в установленном законодательством порядке в государственный реестр пунктов наблюдений;

2) выполнение наблюдений должно проводится по обязательному (приоритетному) перечню контролируемых показателей и дополнительному перечню (связанному со спецификой выбросов и сбросов), состав которого подлежит периодической корректировке;

3) соблюдение методического и методологического единства информации путем применения унифицированных методик, технических средств, что является гарантией сопоставимости и кондиционности получаемой информации;

4) создание единой автоматизированной системы сбора, обработки и хранения мониторинговой информации по всем видам мониторинга;

5) применение единой системы нормативных правовых актов, устанавливающих порядок проведения видов мониторинга ОС.

Функционирование всех элементов мониторинга базируется на принципах взаимодействия и координации, сопоставимости и совместимости получаемых данных с применением единой системы нормативов качества, интеграции в международные системы мониторинга и глобальные базы данных.

Мониторинговая информация поступает, накапливается и обрабатывается в ведомственных и главным информационно-аналитических центрах по согласованным объемам и формам.

Необходимым условием функционирования ЭМ является объединение ряда программ отдельных видов мониторинга и требование, чтобы в качестве конечного результата явилась оценка и прогноз состояния экосистем, оценка экологического равновесия в экосистемах.

**Основные принципы экологической безопасности
хозяйственной деятельности**

Сидорская Н. В.

Белорусский национальный технический университет

Экологическая безопасность хозяйственной деятельности представляет собой комплекс организационно-технических мер, направленных на обеспечение соответствия природоохранной деятельности предприятия нормативным требованиям и определяет конкурентоспособность этого предприятия.

Обеспечение экологической безопасности хозяйственной деятельности требует комплексного подхода, который включает:

- предотвращение (минимизацию) негативных экологических последствий и учет возможных экологических последствий при экономическом росте;

- отказ от хозяйственных и иных проектов, связанных с воздействием на природные системы, если их последствия непредсказуемы для окружающей среды;

- платность природопользования и возмещение ущерба окружающей среде, наносимого в результате нарушения законодательства об охране окружающей среды;

- доступность экологической информации и активное участие общества в подготовке, обсуждении, принятии и реализации решений в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Таким образом, базовыми принципами обеспечения экологической безопасности хозяйственной деятельности является комплексный триединый подход, основанный на:

- 1) научном анализе возможных последствий антропогенных воздействий, который лежит в основе процедуры ОВОС;

- 2) анализе и управлении рисками при проектировании промышленных объектов, а также при работе существующих предприятий и организаций, затрагивающих функционирование природных систем;

- 3) обязательном исполнении законодательства Республики Беларусь и норм международного права в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Принципами экологической безопасности хозяйственной деятельности должны руководствоваться все участники общественных экологических отношений. Соблюдение принципов экологической безопасности может служить индикатором эффективности деятельности по обеспечению рационального природопользования и охраны окружающей среды.

**Виды оценки мероприятий при внедрении
системы предотвращения загрязнения на промышленном
предприятии**

Скуратович И. В., Мартынюк С. С.
Белорусский национальный технический университет

При внедрении мероприятий по предотвращению загрязнений важным этапом является их всесторонняя оценка. На ряду с экономической оценкой важно проводить также техническую и экологическую оценку.

Критериями технической оценки являются: сокращение количества отходов, улучшения качества продукции, наличие необходимых производственных мощностей, человеческих ресурсов для внедрения предложений. В рамках технической оценки рассматривают необходимо ли дополнительное обучение персонала, необходим ли будет прием нового персонала со специальными знаниями, существуют ли на предприятии условия, необходимые для работы нового оборудования, потребует ли установка оборудования дополнительных капитальных вложений, не приведет ли внедрение предложений к дополнительным или новым экологическим проблемам.

Экологическая оценка проводится посредством оценки жизненного цикла продукции, оценки воздействия на окружающую среду всех возможных альтернатив использования сырья и технологического процесса. Оценивается расход энергии, используемой в производственных процессах, рассматриваются очевидные экологические преимущества: снижение токсичности материала, уменьшение объема используемых материалов.

Экономическая оценка может быть, как простой, так и требующей детального анализа.

Простой анализ (оценка срока окупаемости) полезен для обоснования инвестиций в более чистое производство, когда генерируется прибыль и инвестиции окупаются за 1-2 года.

При более длительной перспективе окупаемости инвестиций применяется анализ капитальных вложений, который принимает во внимание динамику капитальных вложений во времени.

Когда не ожидается значительной прибыли производится анализ влияния микроэкономических факторов.

В случаях, когда прямой прибыли не наблюдается, но ущерб, наносимый здоровью человека и окружающей среде на региональном уровне сокращается, используется анализ прибыли и издержек.

**Перспективы использования биомассы для получения энергии
на основе совместного сжигания с ископаемым топливом**

Родькин О. И., Черненко Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Среди возобновляемых источников энергии биомасса является наиболее широко используемым в странах Европы и США источником для производства энергии. Это объясняется такими основными факторами, как распространенность, доступность, универсальность и экологичность. Учитывая актуальность общемировой проблемы глобального потепления, последний фактор является немаловажным в контексте применения данного ресурса, поскольку биомасса относится к возобновляемым источникам энергии с нулевыми выбросами парниковых газов. В Республике Беларусь для получения биоэнергии могут использоваться: дрова, отходы древесины, образующиеся при лесопилении и в деревообрабатывающей промышленности, быстрорастущая кустарниковая и травянистая растительность, лигнин, горючая часть коммунальных отходов, отходы растениеводства и другие виды отходов, образующиеся в промышленности и животноводстве.

Перспективным направлением для использования растительных и древесных отходов для получения энергии является их совместное сжигание с ископаемым топливом. Основным преимуществом совместного сжигания является использование уже существующего котельного оборудования, сжигающего ископаемое топливо (торф, уголь), что обеспечивает наименьшие капитальные затраты в сравнении с инвестициями на строительство новых котельных установок. Такая технология также обеспечивает гибкость в использовании топлива, позволяет частично заместить ископаемые ресурсы возобновляемым CO_2 -нейтральным топливом, а также снизить выбросы топливных оксидов азота и оксидов серы (например, содержание серы и азота в твердой биомассе в среднем в 10 раз ниже, чем в угле).

Таким образом, энергия, полученная из биомассы, является не только возобновляемой, но и «чистой» с точки зрения выбросов парниковых газов и, как следствие, приводит к снижению антропогенной нагрузки на климат. Кроме того, совместное сжигание с ископаемым топливом является наиболее низкозатратным и эффективным способом обеспечения энергетических потребностей. Тем не менее, использование данной технологии требует дополнительных исследований с точки зрения оценки воздействия на различные компоненты природной среды.

Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду

Малькевич Н. Г.

Белорусский национальный технический университет

Ресурсосбережение – надежный и экономически выгодный способ снижения техногенной нагрузки на окружающую среду. Если сэкономить 1 т у.т., то в атмосферу не попадет 20 кг CO, 150 кг SO₂, 60 кг NO_x, 0,3 кг PbO, на земле не займет место 700 кг золы. Сжигание 1 т у.т. сопровождается выбросом почти 10 тыс.м³ воздуха, загрязненного продуктами сгорания, которые не только отравляют атмосферу, но и создают парниковый эффект.

На выработку 1 кВт·ч (3,6 МДж) электроэнергии на электростанции сжигается 360 г у.т., в результате чего выделяется 10,6 МДж энергии. На развитие, добычу, переработку, перевозку эквивалентного количества реального топлива с учетом затрат на дополнительные потребности и социально-бытовую сферу требуется 15-20 МДж энергии. Таким образом, для выработки 1 кВт·ч электроэнергии из невозобновляемых энергоносителей необходимо расходовать 15-30 МДж энергии, то есть в 6-8 раз больше, чем её вырабатывается.

Энергосбережение – это не только улучшение состояния окружающей среды, но и условие существования человечества. Без использования энергии невозможно обеспечить жизнедеятельность людей.

Экономия топливно-энергетических ресурсов имеет не только большое экономическое значение для народного хозяйства, но и снижает техногенную нагрузку на окружающую среду – уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу и сточных вод в реки и водоёмы, меньше образуется золы.

На деятельность предприятия по энергосбережению большое влияние оказывает состояние внешней среды. Это и отношение к энергосбережению потребителей энергии и её поставщиков, состояние энергопотребляющего и энергоснабжающего оборудования, качество энергоносителей, степень загруженности технологического оборудования.

Для того, чтобы управление производством стало энергосберегающей технологией, требуется глубокий анализ как принципов, так и функций управления. Все функции взаимосвязаны и в совокупности составляют систему поддержки и принятых решений.

УДК 504.054

Расчет ВДК органических веществ в воздухе рабочей зоны в пределах одного гомологического ряда

Кузьмина О. Н.

Белорусский национальный технический университет

Гигиеническое нормирование является одной из основных задач токсикологии, гигиены и экологии. По различным источникам к настоящему времени известно 10-11 миллионов химических соединений, из них 60-80 тысяч производятся в промышленном масштабе. Ежегодно появляется около 5000 новых химических соединений, из которых 500-1000 в дальнейшем производят в промышленном масштабе. Примерно для 50000 веществ известны токсикологические характеристики. Полное определение токсикологических параметров длительно и дорого, поэтому в настоящее время широко используются расчетные методы определения ВДК и ОБУВ новых химических веществ.

В данной работе приведена методика расчета основных токсикометрических показателей и ВДК воздуха рабочей зоны, основанные на взаимосвязи химического строения веществ с их физико-химическими свойствами в пределах одного гомологического ряда. Используемые в расчетах эмпирические формулы представляют собой математическое выражение объективно существующих связей между показателями токсичности, физико-химическими константами веществ и значением биологической активности химических связей, вычисленные как средние величины для нормированных соединений в гомологическом ряду. Наличие таких связей среди изученных токсикологами веществ может служить основанием для проведения расчетов ориентировочных ПДК (ВДК, ОБУВ) и для вновь вводимых в промышленность соединений.

Установленные расчетным методом ориентировочные значения ВДК могут служить дополнительным ориентиром при определении ПДК после проведения разносторонних, требующих длительного времени, токсикологических исследований.

При подготовке студентов инженерных специальностей в рамках курса «Основы биохимии и токсикологии» в Белорусском национальном техническом университете разработана практическая работа «Расчет ВДК органических веществ в воздухе рабочей зоны в пределах одного гомологического ряда», целью которой является закрепление теоретического лекционного материала, а также освоение расчетных методов определения ОБУВ в воздухе рабочей зоны на основе связи физико-химических свойств и токсикометрических параметров веществ с их химическим строением.

Оценка выбросов парниковых газов при сжигании биотоплива

Родькин О. И., Черненко Е. В.

Белорусский национальный технический университет

В связи с ратификацией Пражского соглашения по климату Республика Беларусь взяла на себя международные обязательства по сокращению выбросов парниковых газов на 28% до 2030 года по сравнению с 1990 годом. Сектор энергетики вносит основной вклад в объемы поступающих газов, которые необходимо сократить. Одной из альтернатив является замена (полностью или частично) ископаемого топлива, используемого для производства энергии, на биотопливо, имеющее очевидные преимущества, в том числе и в обеспечении экологической безопасности. В качестве сырья для такого топлива можно использовать как имеющуюся естественную растительность, так и специально выращиваемые культуры на энергетических плантациях, а также отходы биомассы. Оценка выбросов парниковых газов при выборе источника сырья будет являться одним из ключевых моментов с учетом взятых обязательств по климату.

В Республике Беларусь существуют различные методики расчета выбросов основных газов – двуокси углерода (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O), которые соответствуют подходам к оценке выбросов парниковых газов, изложенным в руководящих и методических документах Межправительственной группы экспертов по изменению климата, Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Киотского протокола. Данные методики применяются для расчета выбросов и поглощений парниковых газов в некоторых секторах экономики, при сжигании различных видов топлива, при внедрении мероприятий по энергосбережению, использовании вторичных энергетических ресурсов, возобновляемых источников энергии и др.

Однако при выборе источника и технологии, используемой для производства энергии, необходимо провести полную оценку жизненного цикла (ОЖЦ) продукции. ОЖЦ позволит получить результат сравнения выбросов парниковых газов на всех стадиях производства, начиная от производства сырья и заканчивая производством и использованием полученной энергии. При этом необходимо учитывать и дальнейшее направление использования сопутствующих побочных продуктов. Полученные результаты сравниваются с существующей цепочкой получения энергии из традиционных видов топлива. Полученный баланс парниковых газов будет способствовать принятию экологически и экономически обоснованного варианта.

**Применение хроматографических методов анализа
для контроля объектов окружающей среды**

Цуприк Л. Н.

Белорусский национальный технический университет

Метод газовой хроматографии (ГХ) – один из самых современных методов многокомпонентного анализа, его отличительная черта - чувствительность, высокая точность, экспрессность, автоматизации. Новейшими хроматографическими методами можно проанализировать газообразные, жидкие и твердые вещества с молекулярной массой от 1 до 10^6 : многие классы органических соединений (углеводороды, спирты, кислоты и др.), ионы металлов, полимеры. Этот метод незаменим в нефтехимии (бензины содержат сотни соединений, а керосины и масла – тысячи), его используют при определении пестицидов, лекарственных препаратов, витаминов, наркотиков.

Хроматография - гибридный аналитический метод, в котором хроматографический процесс является частью аналитической системы, сочетающей разделение и измерение. Метод позволяет разделить смесь, идентифицировать компоненты и определить её количественный состав. Наиболее широко метод газоадсорбционной хроматографии применяют для анализа смесей газов и низкокипящих углеводородов, не содержащих активных функциональных групп. При анализе сложных многокомпонентных смесей (например, выхлопных газов автомобиля) успешно применяют метод капиллярной хроматографии.

Возможности метода ГХ существенно расширяются при использовании реакционной газовой хроматографии (РГХ), т.к. многие нелетучие, термонеустойчивые или агрессивные вещества непосредственно перед введением в газохроматографическую колонку переводят с помощью химических реакций в другие – более летучие и устойчивые. РГХ используют при определении содержания гидридов металлов, термически неустойчивых биологических смесей, производных аминокислот, жирных кислот, сахаров, стероидов. Для изучения высокомолекулярных соединений: полимеров, каучуков, смол используют пиролизную хроматографию. Методом (ГХ) можно определить металлы, переведя их в летучие хелаты: дикетоны Be, Al, V, Cr.

В аналитической практике чаще используют метод газожидкостной хроматографии (ГЖХ). Это связано с чрезвычайным разнообразием жидких неподвижных фаз.

**Применение атомной адсорбционной спектроскопии
при анализе почвы на содержание токсических металлов**

¹Вергун О. М., ²Голубев В. П.

¹УО «Белорусский государственный медицинский университет»,

²Белорусский национальный технический университет

В современном мире люди стремятся вести здоровый образ жизни. С учетом экологической ситуации многие граждане нашей республики стали задумываться над вопросом, загрязнена ли вода и почва, на участке земли, где они проживают, и каков состав микроэлементов, есть ли токсические, если да – какова их концентрация? Загрязнения окружающей природы уже представляет значительную опасность для человека и других живых организмов. Тяжёлые металлы обладают высокой токсичностью и способностью накапливаться и находиться долгое время в организме человека, наиболее распространённые из них – свинец, кадмий, медь, хром, никель, кобальт, ртуть, марганец.

Целью работы явилось разработка методики пробоподготовки почвы и последующего обнаружения металлов и микроэлементов с помощью высокочувствительного и специфичного метода атомно-адсорбционной спектроскопии.

Подготовка проб почвы: в тефлоновый патрон помещают навеску почвы $m=0,1\pm 0,01$ г, 10 мл перекиси водорода (для спектрального анализа AQUEOUS SOLUTION (MERCK)), 10 мл концентрированной азотной кислоты 65% ISO (MERCK), затем подвергают мокрому озолению с помощью СВЧ-минерализации (микроволновая печь «Milestone» START D). Программа минерализации: 2 мин - 85°C, мощность 100 Ватт; 4 мин - 135°C, мощность 100 Ватт, 5 мин - 230°C, мощность 100 Ватт, 20 мин - 230°C, мощность 100 Ватт. Полученный минерализат охлаждают до 18-20°C, затем доводят деионизированной водой до 100 мл, отбирают полученные аликвоты и проводят исследования методом адсорбционной спектрофотометрии (AA-6300 «Shimadzu Corporation» (Япония) (P/N 206-518000)).

Разрабатываемая методика обеспечивает полное разрушение органических веществ с выделением микроэлементов и солей тяжелых металлов для дальнейшей идентификации и количественного определения методом адсорбционной спектрометрии на уровне концентрации соответствующей минимальному требуемому пределу обнаружения.

**Использование модифицированных углей
в практике химико-токсикологического анализа**

¹Лишай А. В., Вергун О. М., ²Боровикова Л. Н.

¹УО «Белорусский государственный медицинский университет»,

²УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи»

При осуществлении химико-токсикологического анализа обычно необходимо проведение пробоподготовки исследуемых образцов, в которых искомые токсиканты могут содержаться в очень низких концентрациях. Этому этапу отводится значительное количество времени исследования, что в свою очередь делает актуальным вопрос об его оптимизации. Все чаще в современной лабораторной практике жидкостную экстракцию пытаются заменить методом твердофазной экстракции (ТФЭ).

Модификация поверхности активированных углей водорастворимыми полимерами позволяет создавать нужную степень гидрофильности угольных частиц, что приводит к изменению адсорбционно-структурных характеристик и дисперсного состава гидроугольных суспензий исходного адсорбента и появлению на его поверхности новых функциональных групп, способных селективно взаимодействовать с молекулами адсорбата.

Цель исследования: сравнение сорбции различных токсикантов (фенобарбитал, карбамазепин, амитриптилин, анальгин, парацетамол, галоперидол, аминазин, метронидазол, анальгин, папаверин, ибупрофен) на модифицированных активированном углях. В качестве объекта исследования в работе использовался биологический материал (моча и кровь) человеческого организма и контрольные стандартные образцы. Для подготовки аналитов к последующему газохроматографическому исследованию с масс-селективным детектированием (ГХ/МС) через хроматографические колонки, представляющие собой стеклянную трубку диаметром 2 см и длиной 20 см, заполненные на 1/4 активированным углем, пропускали исследуемые образцы в объеме 2 мл. Количество сорбированного вещества (в %) определяли по разности концентраций в исходном и равновесном растворах.

В работе показана возможность использования модифицированных углей при пробоподготовке биологических жидкостей, методом ТФЭ, что повышает эффективность проводимых химико-токсикологических исследований при острых отравлениях.

Наилучшие доступные технологии как основа природоохранной деятельности

Хрипович А. А.

Белорусский национальный технический университет

Под наилучшей доступной технологией (НДТ) подразумевается совокупность технологических процессов, технических способов и оборудования, обеспечивающих наименьший уровень воздействия на окружающую среду, ресурсо- и энергосбережение.

В соответствии с Директивой № 2010/75/ЕС именно НДТ являются основой для расчета и выдачи комплексного разрешения на все виды воздействия (выбросы, сбросы загрязняющих веществ, отходы).

Справочники НДТ (BREFs) являются основой как для субъектов предпринимательской деятельности при выборе технологий, так и для уполномоченных государственных органов при выдаче разрешений допустимого воздействия на окружающую среду. Критериями отнесения к наилучшим доступным технологиям являются:

- наименьшие объемы и/или уровень воздействия на окружающую среду в расчете на единицу продукции (работы, услуги);
- экономическая эффективность внедрения;
- наличие одного или нескольких объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, на которых применяется технология; наличие ресурсо- и энергосберегающих методов;
- использование малоотходных или безотходных процессов;
- период внедрения технологии.

В Евросоюзе разработаны два типа справочников – «вертикальные» (отраслевые) и «горизонтальные». «Вертикальные» справочники содержат описание всей технологической цепочки процессов, технологий и методов – от добычи сырья до отправки готовой продукции, которые являются наилучшими доступными для рассматриваемой категории промышленных объектов (отрасли). «Горизонтальные» справочники включают аспекты, единые для различных отраслей производства. На сегодняшний день разработано 26 отраслевых («вертикальных») справочников.

Активно начата работа по внедрению НДТ в Российской Федерации. За короткий срок создана нормативно-правовая база (Федеральные Законы, ГОСТы), разработаны справочники НДТ для условий российской промышленности, реализуется финансовый механизм поддержки внедрения НДТ. К сожалению, в Беларуси этот процесс только инициирован.

**Малозатратные мероприятия
как основа организации более чистого производства**

Скуратович И. В.

Белорусский национальный технический университет

При организации системы предотвращения загрязнения на предприятии, важным является вопрос финансирования мероприятий, снижающих нагрузку на окружающую среду. Внедрение новых технологий всегда сопровождается первоначальными затратами. Для производств, использующих большие количества энергии, воды и сырья, с образующимся большим количеством отходов, сточных вод и выбросов, выгодно снижать ежегодные производственные издержки, несмотря на значительные первоначальные инвестиции. Однако новые технологии не обязательно означают новые технические решения. Более 20% затрат на энергию и воду можно снизить исключительно за счет разумной организации.

Малозатратные мероприятия или меры хорошего хозяйствования представляют собой первый и наиболее важный шаг при создании подобных систем на производстве. С одной стороны, такие мероприятия не требуют существенных финансовых вложений, а с другой стороны, позволяют продемонстрировать высшему руководству организации эффективность внедрения и функционирования более чистого производства, позволяют аккумулировать средства для модификации технологических процессов в будущем.

Малозатратные мероприятия могут быть как технические, так и организационные.

Примеры простых малозатратных технических действий: починка протекающих паропроводов и труб, установление автоматических рычагов на водных шлангах, использование специальных средства против накипи в бойлерах.

Организационные мероприятия: проведение регулярных осмотров бойлеров и печей, повышение эффективности энергопотребления в транспортном хозяйстве предприятия (более полная загрузка автомашин, компактное размещение груза, уменьшение простоев транспорта, снижение процентного возврата порожнего транспорта, разработка оптимальных маршрутов, своевременная проверка технического состояния транспорта), проверка эффективности теплопередачи в теплообменниках, путем изменения температуры входящих и выходящих продуктов.

**Развитие принципов более чистого производства
и наилучшие доступные технологии**

Хрипович А. А.

Белорусский национальный технический университет

Концепция более чистого производства (БЧП) предусматривает предотвращение образования загрязнений в источнике, либо минимизацию эмиссии загрязнения при невозможности его полного устранения. Цели внедрения наилучших доступных технологий (НДТ) созвучны основным идеям БЧП. При этом НДТ – это конкретные технические методы и технологические приемы, позволяющие решить эти задачи. Они должны быть экономически выгодны, практически применимы и доступны для предприятий.

Концепция БЧП более широка и охватывает не только производственный процесс и вспомогательные производства, но и всю производственную деятельность в целом, включая эффективный менеджмент, систему учета расходов, управление качеством готовой продукции.

Система предотвращения загрязнения, внедренная на всем предприятии, позволяет не только устранить или минимизировать выбросы, сбросы и образование отходов. Результатом работы этой системы является полная информация о деятельности любого подразделения с точки зрения его воздействия на окружающую среду и здоровье персонала, прозрачность ответственности за результаты деятельности в рамках предприятия. Внедрение системы облегчает и ускоряет принятие управленческих решений, внедрение новых технологических проектов и производство новой продукции, позволяет предприятию успешно конкурировать на рынке, осваивая новые сферы для сбыта своей продукции.

В последнее время многие предприятия уделяют больше внимания таким новым формам в менеджменте, как экодизайн, экологическая маркировка, расширенная ответственность производителя. Предприятие продолжает оказывать свое влияние и управляет своей продукцией не только в процессе производства и реализации, но и при ее эксплуатации вплоть до утилизации. Таким образом, производитель берет на себя ответственность за весь жизненный цикл продукции и обеспечивает экологическую безопасность и производства и продукта.

Принципы организации информационно-образовательной среды и направления их реализации

Зеленухо Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Внедрение новых информационных технологий в сферы деятельности человека, способствуют стремительному росту информационно-ресурсной базы, свободному доступу к разнообразным информационным ресурсам, формированию социальных образовательных сетей и образовательных сообществ, моделированию и анимированию различных процессов и явлений в образовательном процессе. Поэтому информационно-образовательная среда (ИОС) – важнейшее условие и одновременно средство формирования новой системы образования. С точки зрения образовательного процесса современная ИОС – открытая педагогическая система, направленная на формирование творческой интеллектуально развитой личности. Она представляет собой совокупность взаимодействующих подсистем: информационно-образовательных ресурсов; компьютерных средств обучения; современных средств коммуникации; педагогических технологий.

Основными принципами предлагаемой организации ИОС являются:

– многокомпонентность – ИОС включает в себя учебно-методические материалы, наукоемкое программное обеспечение, тренинговые системы, системы контроля знаний, технические средства, базы данных и информационно-справочные системы, хранилища информации любого вида, включая графику, видео и пр., взаимосвязанные между собой;

– интегральность – ИОС должна включать в себя всю необходимую совокупность базовых знаний в областях ядерной и радиационной безопасности с выходом на мировые ресурсы, определяемых профилями подготовки специалистов, учитывать междисциплинарные связи, информационно-справочную базу дополнительных учебных материалов, детализирующих и углубляющих знания;

– распределенность – информационная компонента ИОС оптимальным образом распределена по хранилищам информации (серверам) с учетом требований и ограничений современных технических средств и экономической эффективности;

– адаптивность – информационно-образовательная среда должна не отторгаться существующей системой образования, не нарушать ее структуры и принципов построения, также должна позволить гибко модифицировать информационное ядро ИОС, адекватно отражая потребности общества.

Информационно-образовательная среда как фактор повышения качества образования

Зеленухо Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Требованиями, предъявляемыми к информационно-образовательной среде (ИОС), являются *многофункциональность, целостность, модульность, полисубъектная направленность и многоуровневость*. Высококачественная и высокотехнологичная ИОС позволяет системе образования модернизировать свой технологический базис, перейти к образовательной информационной технологии. Применение *новейших информационных технологий* должно способствовать решению педагогических задач. Критериями качества ИОС являются *насыщенность, структурированность и продуктивность*. Насыщенность можно выразить через систему показателей, характеризующий количественно и качественно её ресурсный потенциал; структурированность - в удобстве навигации и использования обучающимися этих ресурсов; а продуктивность - через систему предметных, метапредметных и личностных результатов.

Обращение к ИОС существенно расширяет состав и возможности ряда компонентов образовательной среды. Так, к числу *источников учебной информации* в этих условиях можно отнести базы данных и информационно-справочные системы, электронные учебники и энциклопедии, ресурсы Интернета и т. д. В таких условиях изменяется роль субъектов: в центре обучения оказывается сам обучающийся – его мотивы, цели, его психологические особенности. Все методические решения (организация учебного материала, использованные приемы, способы, упражнения и т.д.) преломляются через призму личности обучаемого – его потребностей, способностей, активности, интеллекта.

Электронные образовательные ресурсы и формируемая на их базе новая ИОС повышают качество обучения. Однако повышение качества обучения будет реализовано в полной мере только в том случае, если обучение будет ориентировано на инновационную модель, важнейшими характеристиками которой являются личностная направленность, установка на развитие творческих способностей обучаемых. Развивающаяся ИОС необходима для формирования и самореализации интеллектуально развитой личности. Высокое качество обучения, внедрение новых образовательных технологий и успешный переход на ИОС нового поколения становятся возможными благодаря определенному уровню развития ИОС в УО.

Методические подходы преподавания спецкурсов на английском языке в учреждениях образования технического профиля

Бельская Г. В.

Белорусский национальный технический университет

Для практической реализации целей Болонского процесса в Республике Беларусь особую значимость в системе образования приобретают международные курсы, которые обеспечивают международный обмен студентами и преподавателями в рамках единых европейских образовательных программ. Среди международных курсов особую значимость имеет “Environmental Science” или «Наука об окружающей среде» Программы Балтийский Университет (Уппсальский Университет, Швеция). Получение сертификата об изучении этой дисциплины дает бакалаврам 15 кредитных баллов. Основной проблемой преподавания (обучения) международных дисциплин является достаточно низкий или разный уровень знания английского языка у студентов. Это приводит к низкой усвояемости излагаемого материала и ограничению доступа студентов к международному сотрудничеству. В этом случае следует применять особые методические приемы преподавания международных курсов на английском языке.

Одним из возможных подходов может быть перевод (дублирование) излагаемого материала на русский язык; организация лекционных и семинарских занятий на английском и русском языках. Этот подход имеет ряд неоспоримых преимуществ – максимальная доступность информации, относительная простота проведения занятий, участие всех студентов в учебном процессе. Серьезными недостатками применяемого метода являются: 1) отсутствие у студентов знаний специальной терминологии на английском языке; 2) ограничение доступа (либо исключение возможности) к международному сотрудничеству; 3) дискредитация статуса международного курса.

Поскольку преподавание дисциплины “Environmental Science” для студентов специальности «Экологический менеджмент» осуществляется на 3 курсе, то, с нашей точки зрения, перспективным подходом может быть досрочная диагностика уровня знаний английского языка у студентов первого курса. С учетом индивидуального уровня знаний английского языка каждого студента, необходимо организовать совершенствование этого уровня (на бюджетной и внебюджетной основе) с привлечением образовательных ресурсов кафедры английского языка. Это повысит конкурентоспособность выпускников кафедры «Экология» на рынке труда.

**Средства поддержки и развития информационно-образовательных
сред учреждения высшего образования**

Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет

Информационно-образовательная среда УВО включает: комплекс ИОР, в том числе цифровые образовательные ресурсы, совокупность технологических средств информационных и коммуникационных технологий (ИКТ): компьютеры, иное ИКТ-оборудование, коммуникационные каналы, систему современных педагогических технологий, обеспечивающих обучение в современной ИОС.

К средствам поддержки и развития ИОС относятся организационно-управленческие (условия и стимулы для эффективного использования персоналом новых знаний, планирование организацией использования человеческих ресурсов и процессов, обеспечивающих их развитие); технологические (совокупности специальных усилий для выявления, хранения, передачи, структуризации, обработки, преобразования, распространения и проведения других операций со знаниями и информацией) и информационные (целенаправленная адаптация и разработка программной и аппаратной среды (инфраструктуры), позволяющая выделенным пользователям получить доступ к объективизированным знаниям, специальные описания в электронных формах совокупностей явных знаний (каталогов, рубрикаторов, реестров данных и т.п., т.е. создание системы метаописаний ресурсов знаний).

Средства поддержки и развития ИОС включают в себя комплекс информационных образовательных ресурсов, в том числе цифровые образовательные ресурсы, совокупность технологических средств ИКТ (компьютеры, иное ИКТ оборудование, коммуникационные каналы, систему современных педагогических технологий, обеспечивающих обучение в современной ИОС). Внедрение их при изучении предметов в области ядерной и радиационной безопасности поможет:

- риска принятия ошибочного управленческого решения из-за недостаточности знаний по существу вопроса;
- риска снижения качества конечного результата от применения знаний вследствие использования недоуверенных результатов;
- риска срыва сроков реализации проектов вследствие неспособности исполнителей адаптировать существующий опыт при выборе проектных решений;
- риска возникновения повторных затрат на обоснование решений вследствие недооценки предыдущего опыта и знаний.

Информационные средства поддержки и развития информационно-образовательных сред

Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет

Построение информационно-образовательных сред (ИОС) на основе современных информационных технологий привносит в учебный процесс новые возможности: сочетание высокой экономической эффективности и гибкости учебного процесса, широкое использование информационных ресурсов, существенное расширение возможностей традиционных форм обучения, а также возможность построения новых эффективных форм обучения. В практике открытого и дистанционного образования можно выделить три основных технологии:

- Кейс-технология, когда учебно-методические материалы комплектуются в специальный набор (кейс) и пересылаются обучаемому для самостоятельного изучения (с периодическими консультациями у специальных преподавателей-тьюторов);
- TV-технология, базирующаяся на использовании телевизионных лекций с консультациями у преподавателей-тьюторов;
- Сетевая технология, базирующаяся на использовании сети Интернет, и для обеспечения обучаемых учебно-методическим материалом, и для интерактивного взаимодействия между преподавателем и обучаемыми.

Непрерывным условием эффективного использования ИОС является качественное информационное наполнение, обеспечивающее поддержку процесса обучения, научных исследований и управления. Возникновение и темпы распространения государственных и транснациональных глобальных компьютерных сетей и в первую очередь Интернет, создали единое мировое информационное пространство без границ. Данное информационное пространство открыло перед потребителями образовательных услуг широчайшие перспективы выбора, а перед поставщиками практически неограниченный рынок для реализации своих услуг. Информационное наполнение ИОС обеспечивается следующими технологиями:

Информационными средствами поддержки и развития ИОС являются базы данных и информационно-справочные системы, информационно-образовательный портал, электронные учебники и энциклопедии, ресурсы Интернета и т.д. Информационное наполнение ИОС обеспечивается электронной почтой (e-mail), электронными конференциями, видеоконференциями, телеконференцсвязью и видеотелефоном и др.

**Административно-организационные материалы
информационно-образовательной среды технического учреждения
высшего образования**

Ролевич И. В.

Белорусский национальный технический университет

Важной задачей, требующей решения при создании информационно-образовательной среды (ИОС), является задача организации учебного процесса. ИОС позволяет реализовать три модели учебного процесса в области радиационной безопасности:

1. либеральную – когда обучаемому или группе открывается доступ ко всем или части учебных материалов по специальности;
2. консервативную – когда обучаемому или группе, учебные материалы выдаются строго дозировано в соответствии с графиком учебного процесса;
3. адаптивную – когда обучаемый учится по индивидуальному графику, учитывающему его индивидуальные особенности (степень подготовленности, скорость усвоения материала и т.д.)

ИОС – открытое образовательное пространство, объединяющее ИКТ и ЭОР, соответствующие современному уровню развития системы высшего образования, и обеспечивающие информационное взаимодействие в процессе образования и самообразования. Она объединяет посредством сетевых технологий, программные и технические средства, организационное, методическое и математическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности и доступности образовательного процесса подготовки специалистов.

Административные материалы ИОС имеют важное значение для подготовки обучаемых в области радиационной безопасности и объединяют воедино отчеты, информационно-методическую поддержку студентов, календарный план учебного процесса, информацию об успеваемости студентов, ведомости, личные дела студентов. Информационные материалы ИОС способствуют формированию навыков исследовательской деятельности путем моделирования работы научных лабораторий; формированию умения добывать необходимую информацию из разнообразных источников; организации совместных учебных и исследовательских работ обучающихся и преподавателей; оперативному обмену информацией, идеями, планами по совместным проектам; формированию у партнеров по учебной деятельности коммуникативных навыков и культуры общения; организации оперативной консультационной помощи; гуманитарному развитию обучающихся.

**Контрольно-диагностические материалы
информационно-образовательной среды технического учреждения
высшего образования**

Ролевич И. В.

Белорусский национальный технический университет

Управление образовательным процессом невозможно без получения информации о его результатах. Контроль, являющийся необходимым компонентом любой деятельности, в образовании приобретает особую значимость, поскольку содержание, формы и способы осуществления контроля влияют на всю организацию педагогического процесса. Контроль можно рассматривать как процесс, состоящий из двух взаимосвязанных этапов: определенным образом организованной деятельности обучаемых и оценки результатов и/или характеристик этого процесса педагогом. Традиционно выделяют предварительный, текущий, тематический и итоговый контроль. *Предварительный контроль* осуществляется в начале учебного года или семестра, перед началом изучения крупного раздела материала. Его цель – зафиксировать начальный уровень подготовки обучаемого. *Текущий контроль* осуществляется в повседневной учебной работе. Он может быть выделен в отдельный этап занятия (опрос, самостоятельная работа, проверка выполнения задания), а может быть реализован в форме наблюдения за работой обучаемого на занятии. Посредством текущего контроля преподаватель получает наибольшее количество диагностической информации. *Тематический контроль* осуществляется по завершению изучения крупной темы. Особая роль тематического контроля заключается в том, что при корректной его организации он способствует обобщению и систематизации знаний. Отметка, полученная обучаемым в результате тематического контроля, как правило, влияет на отметку по курсу. Поэтому такой контроль обычно привлекает особое внимание обучаемого и стимулирует более глубокую проработку темы. *Итоговый контроль* проводится в конце семестра, его традиционные формы: зачет и экзамен. Один из важнейших форм оценки качества подготовки специалиста является тестирование. Процесс контроля деятельности и оценка уровня знаний студентов помогают выявить начальный уровень их подготовки, умение работать самостоятельно и в группах, склонность к творчеству.

Контрольно-диагностические материалы ИОС в области радиационной безопасности должны включать тестирование, итоговую аттестацию, рубежный контроль, самопроверку, экзамены (зачет), результаты контроля и диагностики.

УДК 615.1:37

Опыт преподавания дисциплины «Фармацевтической экологии» студентам фармацевтического факультета УО «БГМУ»

Яранцева Н. Д., Лишай А. В.

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Будущим провизорам необходимы знания в области экологии, позволяющие решать профессиональные вопросы с учетом требований рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. На кафедре фармацевтической химии Белорусского государственного медицинского университета с 2016 года ведётся преподавание учебной дисциплины «Фармацевтическая экология», содержащая систематизированные научные знания по обеспечению экологической безопасности обращения лекарственных средств, лекарственного растительного сырья, медицинских изделий, товаров аптечного ассортимента. На изучение учебной дисциплины отводится 80 академических часов, из них аудиторных – 45: 18 часов лекций, 27 часов лабораторных занятий, текущей формой аттестации является зачет.

Учебный материал включает два раздела. Первый раздел «Введение в учебную дисциплину «Фармацевтическая экология». Нормативно-правовое регулирование в области охраны окружающей среды и природопользования» – является базовым для изучения последующих тем. Второй раздел «Природопользование и природоохранная деятельность в фармации» содержит сведения прикладного характера, необходимые провизорам в их профессиональной деятельности.

При изучении учебной дисциплины «Фармацевтическая экология» студенты знакомятся с современным состоянием природной среды и инструментами государственной экологической политики Республики Беларусь; направлениями экологической деятельности и современными природоохранными мероприятиями на фармацевтических предприятиях; методологией экологического менеджмента и маркетинга. Особое внимание уделяется вопросам утилизации и обезвреживания медицинских и фармацевтических отходов.

Для преподавания данного курса применяются как традиционные методы обучения, так и элементы дистанционного обучения, реализованные при помощи системы управления обучением LMS Moodle. Электронный учебно-методический комплекс размещен на сайте университета etest.bsnu.by и доступен студентам посредством сети Интернет.

Концепция эколого-экономического управления предприятием

Карпинская Е. В.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

В современных условиях при решении экологических проблем предприятия большее внимание уделяется менеджменту, политике, культуре, которые находят свое выражение в стиле и методах управления. Все это выдвигает новые требования к управлению хозяйственной деятельностью всех видов предпринимательства и соответственно к уровню знаний и компетенции менеджеров всех уровней в вопросах экологии.

Интеграция экологических аспектов во все сферы деятельности предприятия привела к необходимости выделения двух разных подходов к управлению в экологической сфере: управлению окружающей средой и эколого-экономическому управлению.

Сегодня стоит вопрос об экономически выгодном взаимодействии экологических действий и предпринимательских целей, т. е. об охране окружающей среды. На первый план выходит растущее стремление избежать остаточных материалов производства и по возможности максимально широкое использование такого рода отходов, избежать которых невозможно.

Ведется поиск концепции, позволяющей наряду с уменьшением нагрузки на окружающую среду содействовать снижению затрат предприятия. Те приоритеты и ценности, которые закладываются сейчас при формировании новых экономических структур, будут в дальнейшем определять приемлемость хозяйственного механизма с точки зрения сохранения окружающей среды и заботы о будущих поколениях. Единственным разумным выходом, позволяющим «выжить» предприятию на рынке, является фиксирование охраны окружающей среды в системе первоочередных предпринимательских целей и формирование соответствующей управленческой структуры, способной эффективно решать экономические вопросы организации без ущерба для окружающей среды. Принципы ЭЭУ можно дифференцировать по главным факторам управления - механизму, процессу и системе управления. Принцип опоры на экологическое сознание; принцип стратегичности; принцип функциональной интеграции; принцип профессионализма. Исходя из концепций эколого-экономического управления перед предприятиями стоит задача перехода от оперативного к стратегическому подходу в решении экологических проблем.

Развитие на предприятиях экологически ориентированного менеджмента в ситуациях эколого-экономического кризиса

Карпинская Е. В.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

Функционирование промышленных предприятий, обеспечивающее материальное благосостояние общества, ухудшает экологическую ситуацию, что, в свою очередь, приводит к экономическим потерям. Для устранения предпосылок для нарастания эколого-экономического кризиса необходимо развитие на промышленных предприятиях экологически ориентированного менеджмента. Он должен быть направлен на достижение следующих целевых установок управления эколого-экономическим устойчивым развитием предприятия: рациональное использование ресурсов, обеспечение приемлемого уровня рисков, удовлетворение потребностей всех заинтересованных сторон. Реализация на практике экологического менеджмента позволяет осуществить его основную функцию обеспечение баланса между возможностями природы и антропогенным воздействием предприятия на окружающую природную среду. В качестве основных направлений ресурсосбережения рассматриваются следующие, повышения комплексности освоения природных богатств, снижение потерь природных ресурсов при добыче, переработке и транспортировке и использование дешевых нетрадиционных заменителей природных (энергетических) ресурсов. Обеспечение приемлемого уровня рисков, требует развития на предприятии риск-менеджмента, который способствует выявлению, оценке и снижению не только промышленных, но и экологических рисков деятельности. Данные силы рисков должны рассматриваться как возможность снижения эколого-экономической устойчивости предприятия по причине неблагоприятного воздействия внешних и внутренних факторов окружающей среды. При этом влияние внутренних факторов происходит внутри предприятия посредством принятых менеджерами управленческих решений, а влияние внешних факторов происходит извне, независимо от менеджмента.

Развитие экологически ориентированного менеджмента на предприятии должно выражаться поэтапно в совершенствовании менеджмента та счет его дополнения инструментарием управления экономическими и экологическими рисками, а также управления стоимостью бизнеса на основе сбалансированной системы показателей оценки эколого-экономического устойчивого предприятия.

Нейрогуморальная регуляция процессов адаптации организма к воздействию факторов среды обитания

¹Хорева С. А., ²Джураева Е. И., ³Лукьянова М. Г.

¹Белорусский национальный технический университет

²Сибирский медицинский университет, г. Томск, Россия

³Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Проблема устойчивости организма к действию окружающей среды и повышение резистентности организма через эндогенные резервы остается одной из приоритетных в масштабах популяционных медико-биологических обследований. Хроническое комбинированное и сочетанное действие факторов окружающей среды более всего объяснимо одним из принципов эволюционного развития функций, выдвинутого Л. А. Орбели, подчинение большинства рабочих аппаратов управлению со стороны нервной системы. В стрессовых ситуациях и в условиях развития патологии раскрываются филогенетически более древние механизмы нейроэндокринной регуляции и гуморального контроля. Проведенные нами модельные исследования по изучению вариантов адаптационного процесса, показали, что адаптационные реакции многоклеточных организмов в значительной степени обусловлены приспособительными процессами, развертывающимися в сфере нейроиммуноэндокринной регуляции, вовлекающими все гомеостатические механизмы.

Проведено исследование на инбредных мышцах : мыши линии BALB отличаются низкой агрессивность,; линия C₅₇B_{1/6} принадлежит к агрессивным животным с высокой активностью комплемента; линиям A/Sn и AKR присущи генетические отклонения, которые предполагают к злокачественному росту; линия CBA – долгожители.

Популяционное обследование исходных физиологических показателей свидетельствует о связи с типом вегетативного регулирования, степенью функционального напряжения организма, фазой биоритма. Реакции эти генотипически детерминированы, несут отпечаток индивидуальных особенностей организма. Мобилизация гомеостатических механизмов ориентирована на экстренное повышение общей резистентности организма, отражением чего служат усложнение внутри- и межсистемных корреляционных связей. Модельные эксперименты на линейных животных свидетельствуют о связи индивидуальных вариантов гормональной регуляции с генотипом. Предполагаем, что именно это направление научных исследований окажется перспективным для популяционных исследований.

Хемобиокинетика тиоловых ядов

Кузьмина О. Н.

Белорусский национальный технический университет

Хемобиокинетика – это раздел токсикологии о путях поступления, механизмах всасывания, распределения, биотрансформации в организме и выведения токсичных химических веществ.

К тиоловым ядам относятся химические вещества, способные блокировать сульфгидрильные (SH-) группы белков, нарушая обменные процессы в организме (мышьяк и тяжелые металлы (кадмий, ртуть, свинец, медь, железо, кобальт, цинк, марганец, молибден, хром, ванадий, никель).

Выделяют два основных пути поступления тяжелых металлов в организм человека: ингаляционный, пероральный.

Очищение дыхательных путей от паров металлов при ингаляционном пути поступления происходит в две стадии. При пероральном поступлении тяжелых металлов с пищей и водой происходит их всасывание в кровь через слизистые оболочки полости рта, желудка и кишечника.

Транспорт тяжелых металлов в организме. Независимо от пути проникновения в организм токсические вещества попадают в ток крови. Многие тяжелые металлы связываются с белками плазмы (альбуминами).

Металлы накапливаются в тех тканях, где они в норме содержатся как микроэлементы, а также в органах, где интенсивный обмен веществ (печень, почки, эндокринные железы, нервная система).

Проникающие в организм металлы подвергаются биотрансформации, в результате образуются менее токсичные вещества (детоксикация), более токсичные вещества или остаются в неизменном виде.

Пути и механизмы выделения тяжелых металлов различны: через легкие, почки, ЖКТ, кожу.

При отравлении тяжелыми металлами основная масса выделяется через кишечник, а остаточные количества выделяются медленно с мочой (ртуть). С молоком выделяются многие металлы (ртуть, селен, мышьяк). С потом выделяются ртуть, медь, мышьяк.

Результатом токсического воздействия тяжелых металлов на организм является нарушение функционирования ряда его жизненно важных систем: ферментативной, нервной, дыхательной, репродуктивной, дыхательной, сердечно-сосудистой, развитие канцерогенеза и др.

**Влияние стрессовых погодных условий
на полевую всхожесть гибридов кукурузы**

Цыганова А. А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

Уровень урожайности кукурузы в значительной степени зависит от полевых качеств семян и погодных условий в период вегетации. Особенно важны погодные условия на начальных этапах технологии возделывания кукурузы, т.е. в процессы прорастания семян и появления первых всходов.

Продолжительная и холодная весна 2017 года сдерживала, сев кукурузы, но и негативно влияла на прорастание семян. Особенно пострадали сверхранние посевы кукурузы, осуществленные в первой-второй декадах апреля. Вывод: не следует осуществлять посев первой-второй декадах апреля, особенно при отсутствии достаточно теплой погоды. При ранних сроках сева и большом риске продолжительной холодной погоды предпочтение следует отдавать протравителю максим XL. Ведь не случайно Западная Европа использует на кукурузе именно данный препарат. А вот скарлет, который применяют на белорусских кукурузокалибровочных заводах, при обоих сроках сева обеспечил самую низкую полевую всхожесть семян. Высеивать семена белорусского производства лучше в хорошо прогретую почву и в теплую погоду. Научный эксперимент 2017 года подтвердил, что лучшую полевую показали семена с самой высокой лабораторной всхожестью, а при одинаковом показателе последней, более полно взошли семена раннеспелых, а не среднеспелых и среднепоздних гибридов с кремнистым, а не зубовидным зерном.

Избыточное выпадение осадков в послепосевной период, а затем их существенный дефицит привели к сильному переуплотнению почвы. При раннем сроке сева в недостаточно прогретую почву и холодную погоду глубина заделки семян должна быть максимально мелкой. Проблема недостаточной плотности стеблестоя растений кукурузы заключается том, что в посеве создаются благоприятные условия освещенности и питания не только для культурных растений, но и сорняков. Когда густота стояния растений менее 50 тыс/га, такие посевы следует уплотнять, в первую очередь – кукурузой.

**Экологические аспекты применения минеральных удобрений
при возделывании кукурузы**

Цыганова А. А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

Роль кукурузы в современном кормопроизводстве трудно переоценить: высокая продуктивность, стабильность, технологичность, хорошее энергосодержание в корме. Поэтому в последние годы в кормопроизводстве РБ сделана ставка на эту культуру. А расширение посевов зерновой кукурузы вызывает необходимость пересмотра системы применения удобрений в специализированных севооборотах.

Получение высоких урожаев кукурузы достигается применением повышенных доз азотных удобрений. Но их производство связано с большими экономическими и энергетическими затратами, а масштабное применение ведет к экологическим проблемам. Подбор и применение наиболее эффективных ассоциативных азотфиксаторов позволяет заменить часть минерального азота дешевым и безвредным биологическим.

Вторым элементом питания по значимости в повышении урожайности озимой ржи и кукурузы является фосфор. Удорожание импортируемого фосфорного сырья и сокращение производства фосфорсодержащих удобрений в Беларуси, значительное повышение их стоимости привело к снижению потребления фосфорных удобрений почти в три раза, что, несомненно, вызывает большой недобор урожая. Уменьшение дефицита фосфора может быть достигнуто микробиологической фосфатмобилизацией, переводящей труднорастворимые фосфаты почвы в доступную форму и позволяющей значительно снизить дозы фосфорных удобрений под сельскохозяйственные культуры.

При достигнутом уровне плодородия почв, регулярном снижении почвенной кислотности внесением известковых материалов, особенно актуальной для получения сбалансированной по белку и микроэлементам сельскохозяйственной продукции стала проблема оптимизации питания растений микроэлементами и снижения себестоимости их применения.

В связи с интенсификацией растениеводства значительно возросла роль регуляторов роста, повышающих эффективность применения удобрений, стрессоустойчивость сельскохозяйственных культур.

**Экономика, логистика
и управление
цепями поставок**

**Прагэццыянізм у сістэме забеспячэння сацыяльна-эканамічнай
бяспекі Рэспублікі Беларусь**

Швайба. Д. М.

Беларускі нацыянальны тэхнічны універсітэт

Эканамічнае развіццё Рэспублікі Беларусь на сучасным этапе немагчыма разглядаць без уліку палітыкі іншых дзяржаў, агульнасусветных працэсаў, дзеянняў замежных кампаній і іншых фактараў, якія істотна ўплываюць на развіццё айчынай эканомікі.

Каб правільна адказаць на гэтыя пытанні патрабуецца асэнсаваць сутнасць самога прагэццыянізму знутры. Класічнае вызначэнне ўяўляе прагэццыянізм у выглядзе палітыкі абароны ўласнага рынку ад замежнай канкурэнцыі па сродках сістэмы спецыяльных абмежаванняў: імпортных і экспартных пошлін, субсідый і іншых мер [1, с. 249].

У сучасных эканамічных адносінах прагэццыянізм і яго ўкараненне нясе за сабой абарону айчынай вытворчасці, падтрыманне збытавага асяроддзя, ўзроўню рэалізацыі тавару [2]. Але дадзеная палітыка можа прыводзіць таксама да захадаў іншых дзяржаў, акрамя гэтага магчымы рост ўнутраных коштаў з-за зніжэння канкурэнцыі, зніжэнне тэхнічнага ўзроўню вытворчасці, штучнае падтрыманне на плаву неэфектыўных і малаэфектыўных вытворчасцяў.

Пры забеспячэнні сацыяльна-эканамічнай бяспекі краіны паўстае лагічнае пытанне: выкажам здагадку, калі адмяніць усе пошліны і зборы, то замежныя і айчыныя вытворцы будуць у роўных умовах, што прывядзе да росту канкурэнцыі. Замежныя прадпрымальнікі маюць значна больш рэсурсаў для выцяснення айчынных вытворцаў з рынку. У асаблівасці гэта датычыцца машынабудавання, сельскай гаспадаркі і шэрагу іншых галін.

Робячы вывады з вышэй сказанага можна адзначыць, што, хоць прагэццыянізм мае шэраг мінусаў, дадзеная палітыка з'яўляецца важнай ў асобных галінах беларускай эканомікі для забеспячэння сацыяльна-эканамічнай бяспекі.

Швайба. Д. М.

Беларускі нацыянальны тэхнічны універсітэт

Аналізуючы сённяшняе эканамічнае становішча можна зразумець, што наша дзяржава знаходзіцца на раздарожжы, і канкурэнтаздольнасць – гэта тое самае паняцце, якое раскрывае ўсю дылему якая стаіць перад эканомікай краіны.

Зыходзячы з вопыту прыняцця мер па росту канкурэнтаздольнасці, даследчыкі прапануюць два асноўных шляху развіцця эканомікі: верхні і ніжні.

З'яўленне такога разумення сыходзіць каранямі да гісторыі XVIII стагоддзя, калі двух васалаў пасадзілі ў турму пасля таго, як іх лорд няўдала паспрабаваў ажыццявіць паўстанне. Першага з васалаў забілі, а другога выпусцілі з турмы. Нідх road значыць «дарога жыцця», а low road – «дарога смерці».

Такім чынам набыццё хутка састарваючых замежных тэхналогій, прыцягненне інвестыцый у сувязі з нізкім коштам працоўнай сілы і продаж прыродных рэсурсаў па заніжанай цане, ўцечка інтэлектуальных рэсурсаў і капіталу ў іншыя краіны – усё гэта характарыстыкі ніжняга шляху. Верхні шлях мае на ўвазе прымяненне перадавых тэхналогій у вытворчасці, рост каштоўнасці прынцыпова палепшанай прадукцыі, прыток інтэлектуальнага і фінансаванага капіталу. На жаль, фінансаванне НДВКП у краіне па-ранейшаму не вялікае, у той час як у Злучаных Штатах яно складае 2%, у Японіі 3%. Гэты факт запавольвае развіццё навукаёмістай вытворчасці ў дзяржаве. Заработныя платы навуковых супрацоўнікаў і даследчыкаў па-ранейшаму нізкія, акрамя гэтага ёсць цяжкасці з фінансаваннем і падтрымкай доўгатэрміновых даследчых праектаў

Падводзячы вынік вышэйсказанаму, неабходна вылучыць патрэбу ў наступных напрамках: захаванне канкурэнтаздольнасці пры аптымальным спалучэнні дзяржаўных і рынкавых спосабаў рэгулявання эканомікі, развіццё навуковы патэнцыял і ўдасканалваць сістэму адукацыі. На гэтым этапе асабліва важна заняць уласную нішу ў сусветнай гаспадарцы, імкнучыся да верхняга шляху развіцця канкурэнтаздольнасці, рэфармуючы адукацыю.

Ивуть Р. Б., Прупас В. А.

Белорусский национальный технический университет

Совет Министров утвердил Концепцию развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2030 г. Соответствующее решение закреплено постановлением правительства от 28.12.2017 № 1024.

Целевыми ориентирами развития логистической системы определен рост позиции Республики Беларусь в мировом рейтинге по индексу эффективности логистики LPI до уровня не ниже 50, увеличение по отношению к 2016 г. объема логистических и транспортно-экспедиционных услуг в 2 раза, увеличение доходов от транзита по отношению к 2016 г. также в 2 раза. Логистическая система представляет собой особый комплекс, состоящий из определенных звеньев, в рамках которого выполняются те или иные логистические операции и функции. Как и любая система, она испытывает на себе влияние множества факторов и в то же время сама стимулирует их развитие в определенном направлении. Для достижения поставленных целей необходимо выработать комплекс мер, направленных на развитие логистической системы, а также выявить области точечного экономического и организационного воздействия. Одно из направлений это - внимание на альтернативные пути развития рынка логистических услуг Республики Беларусь, которые могут включать в себя не только непосредственное влияние на транспортно-логистическую отрасль, но и на сторонние факторы, обеспечивающие функционирование логистической системы. Определение комплексного индекса логистической результативности и исследование сопредельных отраслей национальной экономики позволит значительно увеличить качество транспортно-логистических услуг.

Таким образом, грамотное регулирование логистической сферы деятельности и выявление сильных и слабых сторон в различных секторах экономики, связанных с логистикой, помогут обеспечить привлекательность товаров на внешних рынках, а также спрос на услуги национальных логистических операторов. В результате применения организационных, законодательных и экономических мер, произойдет становление отлаженной работы логистической системы республики, что приведет к оптимизации социально-экономических процессов и достижению положительных эффектов в различных отраслях экономики.

Гайнутдинов Э. М., Поддерегина Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Система образования в высших учебных заведениях Республики Беларусь зависит от ряда основных экономических проблем:

1. Кадрового потенциала и его оплата труда, т.к. важнейшей составляющей методологии преподавания различных дисциплин являются квалифицированные специалисты, занимающиеся научными исследованиями в области отечественной и зарубежной экономики: работники научно-исследовательских учреждений, кандидаты и доктора экономических наук, аспиранты. Именно такой контингент преподавателей может реализовать должный уровень получения знаний студентами. В связи с этим необходимо проводить дифференциацию преподавателей по видам учебной нагрузки: лекционные, практические, лабораторные, семинарские. К проведению занятий необходимо привлекать специалистов-практиков, организовывать занятия-экскурсии в организациях. Низкая оплата труда профессорско-преподавательского состава «выталкивает» опытных преподавателей из системы образовательного процесса и не стимулирует приток способных молодых людей.

2. Стоимости и сроков обучения в системе образования. Стоимость обучения в настоящее время в вузах РБ определяется рыночной конъюнктурой. Чем больше предложение, тем ниже стоимость обучения. Важное значение имеет и престиж учебного заведения. Например, обучение в БНТУ, дает возможность повысить стоимость обучения по сравнению с менее престижными учебными заведениями. С другой стороны, необходимо найти оптимальные значения сроков обучения, что влияет как на стоимость, так и на программу обучения.

3. Материально-технического обеспечения, т.к. на уровне современных представлений об организации учебного процесса необходимо иметь соответствующую мировым стандартам материальную базу, с обеспечением компьютерной техникой, новационных технологий методического обеспечения с выходом в Интернет, что создаст возможность проведения практических занятий на высоком профессиональном уровне. Принимая во внимание широко распространенное использование студентами компьютерной техники, следует учебно-методические пособия и учебную литературу, оформлять в электронном формате и предоставлять их для свободного распространения и использования в сети интернет, что позволит облегчить их доступность пользователям и т.д.

Ивуть Р. Б., Метик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Информационные ресурсы составляют одну из важнейших подсистем ресурсного потенциала любой организации, а информация является ключевым элементом логистических операций.

Информация становится логистическим производственным фактором. Благодаря ее эффективной обработке могут существенно сократиться расходы организации на осуществление деятельности. Организации могут достичь лучшего управления материальными потоками, большей согласованности действий между подразделениями и отделами, ускорить транспортировку за счет согласованности всех звеньев транспортной цепочки. Недостаток своевременной информации вызывает как временные потери, так и материальные.

До недавнего времени роль информации в логистике не выделялась и не рассматривалась особо. Такое невнимание объяснялось главным образом недостатком удобных для пользования технологий сбора и накопления информации. К тому же специалисты не осознавали в полной мере, насколько мощным инструментом повышения эффективности логистики могут стать высокоскоростные и высокоточные средства информационного обмена.

Современные технологии способны удовлетворить подавляющую часть информационных потребностей. Появились возможности при необходимости получать данные в режиме реального времени. А специалисты научились пользоваться такими информационными технологиями и принимать с их помощью новые, нетрадиционные логистические решения.

Настоящее состояние логистики много в чем определяется бурным развитием и внедрением во все сферы информационно-компьютерных технологий. Реализация большинства логистических концепций и систем была бы невозможной без использования быстродействующих компьютеров, локальных вычислительных сетей, телекоммуникационных систем и информационно-программного обеспечения. Значение информационного обеспечения логистического процесса настолько велико, что информационная логистика имеет самостоятельное значение в бизнесе и управлении информационными потоками и ресурсами. Эту функциональную область логистики часто называют компьютерной.

**Стратегические основы экономического развития
Республики Беларусь**

Гайнутдинов Э. М., Поддерегина Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Программы социально-экономического развития Республики Беларусь - свидетельство постоянного внимания соответствующих органов государственного управления страны к стратегическим направлениям совершенствования важнейших аспектов ее хозяйственной деятельности. Однако понимание важности реализации итогов развития отдельных аспектов стратегической направленности не обеспечивает их позитивный результат. Об этом свидетельствует реакция руководства страны и в том числе Президента на факты несвоевременного или некачественного исполнения важнейших мероприятий стратегического значения.

Основными причинами нарушения стратегических целей социально-экономического развития страны являются: использование остаточного принципа при решении социально-экономических вопросов; не высокая профессиональная квалификация чиновников, призванных решать безусловно сложные вопросы исключительной значимости; развитие малого бизнеса и регионального предпринимательства в Республике Беларусь; реализация отечественной продукции; развитие отраслей сельского и лесного хозяйства, строительных материалов, организаций, эксплуатирующих и ремонтирующих производственную технику; создание мегаполисов и т.д. Представляется целесообразным реализация следующих направлений по стратегическим основам экономического развития Республики Беларусь: производство продукции должно быть ориентировано в первую очередь на отечественного потребителя; в числе приоритетных производственных отраслей должны быть сельское хозяйство, пищевая промышленность; машиностроительное производство должно, прежде всего, обслуживать отечественные отрасли, а не сопредельные страны; отношения собственности должны развиваться, прежде всего, путем расширения малого и среднего бизнеса; должна быть разработана антикоррупционная программа и т.д. Стратегия развития нашей страны, должна быть направлена на ослабление экономической зависимости ее от других стран, в том числе от России и Европы путем совершенствования развития внутреннего рынка. Необходимо больше вкладывать средств в отрасли, обеспечивающие должный социальный уровень малых региональных центров: в медицину, образование, пенсионное обслуживание, в спортивные и детские учреждения.

**Рекомендации по совершенствованию логистического подхода
в технологии пассажирских перевозок**

¹Краснова И. И., ²Лобач А. Г.

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш»

При создании и функционировании логистических систем пассажирских перевозок значительное внимание должно уделяться маркетинговым исследованиям и прогнозированию объемов пассажиропотоков.

Конкретное значение пассажиропотока и заданный интервал движения, отвечающий условиям перевозок пассажиров по маршруту, определяют номинальную вместимость подвижного состава.

При выборе вместимости подвижного состава необходимо руководствоваться установлением приемлемого для пассажиров интервала движения и затратами на перевозку пассажиров по маршруту, которые, в свою очередь, также зависят от вместимости.

Одним из важнейших и основных требований к организации перевозок пассажиров на городском автомобильном транспорте являются применение на маршрутах комфортабельных и вестимых автобусов, соответствующих условиям перевозок и обеспечивающих пассажиров высоким уровнем безопасности. В связи с этим предлагается произвести замену подвижного состава на более эффективный с точки зрения скорости передвижения по маршруту, пассажировместимости и экономии денежных средств на перевозку пассажиров.

На сегодняшний день только грамотный анализ рентабельности деятельности предприятия позволяет повысить уровень прибыли, а для государственных предприятий, уменьшить убытки. Анализ прибыли и рентабельности — неотъемлемая часть работы организаций. Он позволяет выявить ошибки в хозяйственной деятельности, указать руководству на пути дальнейшего развития и выявить резервы максимального увеличения прибыли. В связи с этим актуальность предложений обусловлена тем, что внедрение данных мероприятий повлияет на увеличение рентабельности.

В результате, разработанная система логистического подхода к совершенствованию имеющейся транспортной схемы позволяет снизить себестоимости и увеличить рентабельность.

Тозик А. А., Радюк Е. С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время функции транспорта в экономике становятся более значимыми, так как он является связующим элементом между всеми участниками цепи поставок, оказывая влияние на эффективность работы всех звеньев логистического процесса перевозки грузов. Однако с развитием транспорта увеличивается и доля транспортных рисков.

Транспортный риск – это совокупность факторов, которые угрожают процессу перевозок и которые способны негативно повлиять на их экономическую эффективность.

Риски на транспорте касаются всех участников цепи поставок. Поэтому на сегодняшний день проблема риск-менеджмента и оценки рисков занимает ведущее место практически во всех разделах теории и практики внутрифирменного управления, планирования и контроля. А выбор оптимального соотношения риска и уровня деловой активности, доходности и надежности, основанный на анализе роли и места риска, составляет значительную часть содержания процесса принятия управленческих решений.

Оценкой рисков является процесс систематизированного изучения и обобщения профессиональных суждений о вероятности наступления неблагоприятных условий или событий.

Решения об определенных действиях для защиты и снижения риска могут быть детализированы только при подробном изучении и анализе ситуаций риска, которые возможны в будущем и настоящем. Соответственно для любого предприятия крайне необходимо анализировать свою систему рисков и оценивать последствия принятия того или иного решения в условиях неопределенности.

Таким образом, на сегодняшний день проблема риск-менеджмента и оценки рисков занимает ведущее место практически во всех разделах теории и практики внутрифирменного управления, планирования и контроля.

**Показатели потребительского качества транспортных услуг
и конкурентоспособность**

Пильгун Т. В.

Белорусский национальный технический университет

Вопросу необходимости наличия системы показателей, оценивающих результативность или эффективность логистической деятельности, уделяется большое внимание учеными, практиками, специализирующихся в области оценки и повышения эффективности организаций. Предложенные Д. Парменгером инструменты разработки и применения системы ключевых показателей эффективности (КПЭ) активно используются в менеджменте управления оценке логистической деятельности организаций. В транспортной отрасли, оценивая результативность деятельности транспортной организации, принято говорить о качестве транспортных услуг и его показателях. Итак, фигурируют категории показателей: показатели результативности КПЭ и показатели качества. Учитывая мнение, что «конкурентоспособность услуг, выраженная через качество, является решающим фактором их коммерческого успеха на развитом конкурентном рынке» целесообразно исследовать связи и зависимости категорий показателей: КПЭ и качества, и определить место каждой категории в системе оказания транспортных услуг. Обоснованием исследования являются следующее:

- допускается, что происходит смешение (или подмена) понятий показателей качества продукции или услуг и показателей результативности (эффективности) деятельности организации;
- полезным решением совершенствования управления качеством, а соответственно и создание реального инструмента конкурентоспособности, может стать формирование и внедрение системы показателей качества транспортных услуг с учетом ожиданий потребителей (показателей потребительского качества).

Важными позициями в схеме создания системы показателей потребительского качества транспортных услуг являются:

- определение номенклатуры показателей потребительского качества;
- определение методов оценки показателей потребительского качества;
- установление базовых показателей в сравнении с которыми будет производиться оценка фактических показателей;
- формирование доступной потребителям базы показателей потребительского качества транспортных услуг в рамках единой транспортной системы.

**Оптимизация бизнес-процессов транспортно-логистической
деятельности предприятий**

Косовская Т. Р., Климовец В. С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время современное предприятие рассматривается не как совокупность специализированных отделов, а как совокупность бизнес-процессов. Именно постоянная оптимизация и совершенствование бизнес-процессов, иначе называемые реинжинирингом, позволяют компаниям оставаться конкурентоспособными и выходить на новые объемы.

Современный рынок диктует свои условия работы компаниям. Для повышения конкурентоспособности и эффективности производства необходимы качественные изменения бизнес-процессов и один из способов - это автоматизация. Информационные системы могут значительно повысить экономическую эффективность работы и рационализировать управление бизнес-процессами.

Оптимизация бизнес-процессов транспортно-логистической деятельности заключается - процесс постоянный, поэтому повторяющиеся процессы необходимо автоматизировать. Это возможно при активном внедрении информационных технологий и использовании зарубежного опыта.

Автотранспортные предприятия, в особенности, задействованные в международных перевозках, как никто другой нуждаются во внедрении информационных технологий в управление производственными бизнес-процессами. Конкуренция на рынке транспортных услуг, жесткая налоговая политика, дорогие ресурсы вынуждают транспортные компании использовать все внутренние активы. Очевидно, что без активного использования информационных технологий и перманентного совершенствования бизнес-процессов эффективная деятельность транспортных компаний уже невозможна.

Развитие логистики на международных транспортных коридорах

Тушинский А. Ю., Косовская Т. Р.

Белорусский национальный технический университет

Находясь на пересечении транспортных магистралей, Беларусь стремится стать крупным центром международного перемещения товаров. Географическое положение страны весьма благоприятно для развития логистических центров на пути между Европой и Азией. Через территорию Республики Беларусь проходят 2-й и 9-й международные транспортные коридоры, коридор 9Б (Калининград/Клайпеда—Каунас—Вильнюс—Минск—Киев—Одесса). Сегодня транзитно-транспортный потенциал Республики Беларусь определяется геоэкономическими условиями и реализацией имеющихся преимуществ. Транспортный сектор играет весомую роль в экономике и обеспечивает значительные поступления в доходную часть бюджета за счет транзитных услуг, способствует развитию внутренней и внешней торговли. В транспортном секторе занято около 6 % от общей численности работающих. Ежегодно через территорию нашей страны следует свыше 100 млн. тонн европейских грузов, из них около 90% – между Россией и ЕС. При этом Беларусь в полной мере обеспечивает оперативность и безопасность транзита. Автомобильный транспорт является весомым чистым экспортером. Большинство поступлений в секторе автомобильных дорог обеспечивается за счет транзитных транспортных перевозок в третьи страны и из них. Одним из определенных препятствий на пути развития сегмента международных транспортных услуг, которые, по прогнозам специалистов, в ближайшие годы будут преобладать в объеме международных услуг, является пока еще недостаточная развитость нашей транспортной логистики. Однако дело движется, и хорошими темпами. В 2009 году доля логистической составляющей в валовом национальном продукте (ВВП) Беларуси едва превышала 1 %. Сегодня за счет логистики в Беларуси формируется около 7,5 % ВВП. В конце 2017 года была утверждена Концепция развития логистической системы Республики Беларусь до 2030 года. В ней сформулированы цели, приоритеты, задачи, акценты и параметры развития белорусской логистической системы. Предполагается, что в 2018 году объем инвестиций на строительство и развитие логистических центров составит около 1 млрд. долларов США. Финансовые вложения в развитие логистики по итогам 2017 года составили более 250 млн. евро, а прирост логистических площадей – около 150 тыс. квадратных метров.

Антюшеня Д. М

Белорусский национальный технический университет

Основной экономической эффект от логистики достигается за счет сокращения объемов запасов материальных ресурсов и времени доставки товаров. В отличие от прежних методов изолированного управления грузовыми перевозками и складским хозяйством главным преимуществом их комплексного управления является оптимизация суммарных затрат по продвижению и хранению ресурсов. Применение методов логистики позволяет снизить уровень запасов на 30-50% и сократить время движения продукции на 25-45%. Проблема транспортно-логистической деятельности находит свое проявление и в других сферах экономической жизни, когда в ущерб транспортной сфере происходит перераспределение ресурсов в пользу неконкурентоспособных отраслей, жизнедеятельность которых расценивается как условие устойчивого социально-экономического обеспечения страны. Поэтому для Беларуси особую актуальность приобретают противоречия между проблемами интегрирования отечественной транспортной отрасли в мировое хозяйство и создания своей собственной целостной транспортно-логистической системы, основанной на принципах рыночных отношений. Как показывает зарубежный опыт, задачу комплексного развития всех видов транспорта, транспортной, складской, терминальной инфраструктуры, таможни, системы страхования грузов и их информационного сопровождения, а также взаимной увязки всех этих компонентов для скоординированной работы можно решить только в рамках транспортно-логистических центров (ТЛЦ). Подтверждением может служить тот факт, что процесс создания единой еврологистической системы координирует специальная комиссия Евросоюза – фактически государственный орган. Кроме того, в Брюсселе принята концепция формирования общеевропейской системы товародвижения, предусматривающая создание целой линейки опорных европейских ТЛЦ, которые будут объединены в ряд ассоциаций, так называемых «европлатформ», и взаимодействие между которыми предопределяет их роль в функционировании единой европейской транспортной сети. Создание общенациональной сети ТЛЦ на территории Беларуси также должно являться составной частью государственной транспортной политики. Только государство может на должном уровне выполнить функции инициатора и координатора развития национальной логистической системы, поддерживая этот процесс и экономически.

**Методика расчета сравнительной экономической эффективности
логистического канала**

Мойсак О. И.

Белорусский национальный технический университет

Транспортно-логистическая система – совокупность объектов и субъектов транспортной и логистической инфраструктуры вместе с материальными, финансовыми и информационными потоками между ними, выполняющая функции транспортировки, хранения, распределения товаров, а также информационного и правового сопровождения товарных потоков.

При этом эффективность логистической системы следует оценивать по двум важнейшим критериям – экономическому и временному (темпоральному). Логистическая модель должна быть, с одной стороны, экономически выгодной, обеспечивающей соответствующий экономический эффект, с другой стороны, логистика – это время, поэтому логистическая модель всегда ориентирована на минимизацию временных издержек при организации товарно-материальных потоков.

Показатель сравнительной экономической эффективности логистической модели (Эср) в принципиальном виде можно выразить формулой (1) как функцию от двух переменных – экономичности (Эк) и скорости материального потока (Ск):

$$\text{Эср} = F(\text{Эк}, \text{Ск}) \quad (1)$$

Для расчета интегрированного показателя используются частные показатели прямого действия (средняя скорость доставки *i*-го груза от поставщика к месту потребления; динамичность *i*-го груза; логистическая производительность) и показателями обратного действия (издержкостоемость *i*-го груза, стоимость 1 км перевозки; стоимость перевозки 1 единицы веса *i*-го груза; стоимость 1 часа перевозки *i*-го груза).

Применение предложенного показателя сравнительной эффективности позволяет решить сложную проблему выбора на основе конкретных количественных оценок с использованием фактических данных.

**Прогнозирование развития человеческого капитала
Республики Беларусь**

Забродская Н. Г.

Белорусский национальный технический университет

Современное состояние демографической ситуации в Республике Беларусь характеризуется естественной убылью населения, обусловленной низкой рождаемостью, высокой смертностью, ухудшением возрастной структуры и, как следствие, демографическим старением населения. Необходимо принятие срочных мер по стимулированию рождаемости, упрощению процедуры получения льготных кредитов на строительство жилья, развитие ипотечного кредитования, разработка мероприятий по ликвидации преждевременной смертности и бесплодия, пропаганде семейных ценностей.

Демографическое прогнозирование является научно обоснованным предвидением демографической ситуации, ее составляющих, необходимых для разработки демографической политики направленной на улучшение качества жизни, условий воспроизводства населения, его структуры.

В связи с демографическим кризисом населения в Республике Беларусь необходимо постоянное и целенаправленное государственное регулирование демографических процессов. Беларуси целесообразно внедрить опыт скандинавских стран с высоким уровнем жизни, где законодательно установлены не только квоты в государственных органах управления, но и обязательное участие женщин в управлении частными компаниями.

Преодоление депопуляции населения возможно только при комплексной, целенаправленной демографической политике, направлении значительных средств на укрепление здоровья населения, улучшение качества жизни. Необходимо принятие срочных мер по стимулированию рождаемости, упрощению процедуры получения льготных кредитов на строительство жилья молодыми семьями, развитие ипотечного кредитования, разработка мероприятий по ликвидации преждевременной смертности и бесплодия, пропаганде семейных ценностей.

Забродская Н. Г.

Белорусский национальный технический университет

Процессы глобализации, вторая стадия урбанизации, выражающаяся в миграции населения малых городов в областные центры, крупные города и столицу, усилили негативные процессы в дотационных регионах. Поэтому весьма важное значение имеет обоснование финансового выравнивания развития регионов, учет миграционных потоков.

Одним из приоритетов Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2016 – 2020 гг. определяется сбалансированное региональное развитие. Ставится задача вовлечения регионов в инновационный процесс, развитие транспорта. Выполнение данных задач требует проведения следующих мероприятий: анализа экономического потенциала регионов; выявления приоритетов развития и региональной специализации; выработки стратегии развития; разработки целевых программ, бизнес-планов, дорожных карт выполнения стратегии устойчивого развития регионов; выделения достаточного финансирования для выполнения разработанных мероприятий.

Изменение административно-территориального деления позволит получать агломерационные и институциональные преимущества, распространяя их из центра на периферию регионов, выравнивать уровень и качество жизни городского и сельского населения, сделать привлекательным проживание в сельской местности.

Одним из важнейших индикаторов регионального развития является наличие независимой налоговой базы для формирования местных бюджетов. Доля собственных налоговых поступлений в общем объеме доходов региона должна составлять не менее 50%.

В связи с увеличением круга проблем, решаемых на территориальном уровне, собственных финансовых ресурсов в регионах недостаточно. Необходимо финансовое выравнивание развития регионов. Величина выравнивающего трансфера определяется разницей между расчетными величинами бюджетных потребностей региона и налоговым потенциалом. Экономическую, природно-климатическую, экологическую, институциональную специфику регионов предлагается учитывать с помощью коэффициентов модификаций бюджетов.

**Использование механизма сборных грузоперевозок
в Республике Беларусь**

Стефанович Н. В.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы в Республике Беларусь перевозка сборных грузов или доставка одним автомобилем грузов от нескольких заказчиков, является востребованной услугой, позволяющей значительно сократить складские запасы и ускорить оборачиваемость капитала предприятий всех видов транспорта.

Комплектация сборного груза требует больше времени и усилий по сравнению с загрузкой комплектного груза от одного грузоотправителя, ведь появляется дополнительный этап консолидации грузов от нескольких заказчиков. При этом увеличивается срок доставки груза на время его отправки, доставки на консолидационный склад и комплектации. На этот параметр оказывают влияние следующие факторы:

- состояние сети консолидационных складов компании. Конечно, количество и географическая широта сети консолидационных складов не означает автоматически увеличение скорости доставки, но указывает на степень «проникновения» компании-экспедитора на мировой рынок логистических услуг и широту ее возможностей;
- регулярность рейсов с консолидационных складов в регион грузополучателя. Если у компании отсутствует график регулярных отправок с консолидационных складов, это означает, что автомобили уходят по мере их полной комплектации. Для заказчика это означает отсутствие четкой даты доставки груза. Наличие графика отправок позволяет заказчику достаточно точно представлять сроки доставки грузов и планировать свою деятельность в соответствии с графиком получения товара. Следует отметить, что уровень сервиса логистических компаний, гарантирующих регулярную ежедневную или еженедельную отправку автомобилей со своих консолидационных складов, значительно выше, чем у других автотранспортных предприятий, осуществляющих этот вид перевозок.

К тому же сборные грузы – это принципиально более сложный процесс перевозки, соответственно и риск возникновения проблемных ситуаций по пути следования заметно выше. Несмотря на это, конкуренция на рынке сборных перевозок в Республике Беларусь постоянно увеличивается, что позволит в дальнейшем перевозчикам доставлять сборные грузы с той же скоростью, что и комплектные.

Сфера применения реляционных баз данных в логистических системах Республики Беларусь

Стефанович Н. В., Мойсак О. И.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня Республика Беларусь придает первостепенное значение динамическому развитию информационных технологий, которые должны обеспечивать точную, доступную, надежную, гибкую, интегрированную и своевременную информацию. Информационным потоком считают совокупность сообщений, циркулирующих внутри логистической системы, а также между этой системой и средой, внешней по отношению к ней, необходимых для управления и контроля логистических операций.

Современные информационные технологии ориентированы не на локально организованные данные, а на базы данных, представляющие собой специально организованное хранение информационных ресурсов в виде интегрированной совокупности, предназначенной для многоцелевого использования и модификации различными пользователями. Эти совокупности работают под управлением СУБД – системы управления базой данных, основное назначение которой, наряду с управлением данными, обеспечение доступа к ним, организация и связь с пользователем.

По структуре различают сетевую, иерархическую, реляционную, объектно-ориентированную и гибридную модели баз данных. Достоинство реляционной модели данных заключается в простоте, понятности и удобстве физической реализации на ЭВМ. Реляционная база данных представляет собой множество взаимосвязанных таблиц, каждая из которых содержит информацию об объектах определенного типа. Каждая строка таблицы включает данные об одном объекте, а столбцы таблицы содержат различные характеристики этих объектов – атрибуты. Логическая структура данных представляется набором взаимосвязанных таблиц.

В Республике Беларусь реляционные базы данных логистические компании применяют для автоматизации работы склада (адресное хранение), при работе с системами штрих-кодирования для определения местоположения и автоматической идентификации объектов, а также создания единой системы учета и контроля движения товаров. На их основе работает геоинформационная система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о необходимых объектах.

Роль системы контроллинга в управленческом процессе

Якубовская Т. Л., Жукель А. А., Шкомплетова А. Г.
Белорусский национальный технический университет

По данным маркетинговой службы консультационной группы АТК, специализирующейся на предоставлении услуг по внедрению автоматизированных систем управления, использование системы контроллинга характеризуется снижением операционных и управленческих затрат на 15%; сокращением цикла реализации продукции на 25%; снижением коммерческих затрат на 35%; уменьшением дебиторской задолженности на 12% и др.

Основная цель контроллинга – ориентация управленческого процесса на достижение целей, стоящих перед предприятием. Для этого контроллинг обеспечивает выполнение следующих функций: сервисной (предоставление необходимой информации для управления); функции принятия решений (управляющей функции); внутреннего контроля на предприятии.

Эффективное использование контроллинга возможно на всех этапах процесса управления (планирования, организации, контроля и др.).

В процессе планирования деятельности предприятия система контроллинга обеспечивает методическую базу планирования, предоставляет информацию для составления планов, осуществляет координацию всех планов и бюджетов.

Организация работы компании при участии контроллеров предусматривает учет и контроль результатов по подразделениям, распределение ответственности и полномочий в соответствии с целями организации.

Процессы контроля и регулирования включают сравнение плановых и фактических величин для измерения и оценки степени достижения цели, установление допустимых границ отклонений от плана, анализ отклонений, интерпретацию причин отклонений плана от факта и выработку предложений для уменьшения отклонений

Управление информационными потоками предприятия предполагает участие контроллера в разработке архитектуры управленческой информационной системы, сбор наиболее значимых для принятия управленческих решений данных, консультации по выбору корректирующих мероприятий и управленческих решений, разработку инструментария для планирования, контроля и принятия решений.

Якубовская Т. Л.

Белорусский национальный технический университет

Оценка риска обеспечивает понимание рисков, их причин, последствий, вероятностей и предоставляет исходные данные для принятия управленческих решений. В последнее время для анализа и оценки рисков все чаще используется метод имитационного моделирования.

Идея метода заключается в соединении анализа чувствительности и вероятностных распределений факторов модели. Вместо того, чтобы создавать отдельные сценарии (наилучший, наихудший), в имитационном методе компьютер генерирует сотни возможных комбинаций факторов с учетом их вероятностного распределения. Каждая комбинация дает свое значение результирующего показателя, и в совокупности получаем вероятностное распределение результата.

Упрощенный алгоритм имитационного моделирования.

1) формулируются факторы, определяющие результирующий показатель и их диапазон изменений.

2) строится вероятностное распределение по каждому фактору. Выбор распределения осуществляется либо по прошлой информации (статистические данные), либо по оценкам экспертов.

3) задаются границы изменения параметра (факторов).

4) с помощью компьютерной программы, имитирующей случайность процессов, выбираются значения параметра из заданного интервала, основываясь на вероятностном распределении этого параметра.

5) значения факторов риска комбинируются с факторами, по которым не ожидается изменений, и рассчитывается значение результирующего параметра для каждого периода.

6) в результате множества прогонов рассчитывается множество значений и строится вероятностное распределение результирующего показателя; определяется среднее значение и стандартное отклонение.

Недостатки метода: в процессе моделирования внутренних взаимосвязей много рутинной работы, что повышает трудоемкость реализации модели; в связи с наличием большого количества таких связей решение получается неустойчивым; сами взаимосвязи явлений и ошибок прогноза, а также ожидаемые распределения вероятностей по основным параметрам строятся с привлечением экспертной информации.

Теоретико-методические аспекты оценки логистического потенциала макроэкономических систем

Зиневич А. С.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня мировая практика функционирования и развития всего многообразия экономических систем связана с распространением и развитием логистических концепций в сфере управления. При этом важную роль приобретает оценка возможностей логистических систем различного уровня – от предприятий до национальных и глобальных транспортно-логистических систем – по оказанию услуг надлежащего качества и в необходимых объёмах. Указанная оценка связана с введением самостоятельной экономической категории «логистический потенциал».

В различных отраслях современной экономической науки широкое применение получило понятие «потенциал» с множеством формулировок. Применительно к экономической (логистической) системе макроуровня логистический потенциал следует трактовать как совокупность факторов и объектов логистической инфраструктуры на территории страны либо региона, способствующих выполнению задач по оптимизации материальных и иных сопутствующих потоков в рамках реализации стратегических задач национального либо регионального обеспечения, а также обслуживания международных экономических отношений.

Специфика оценки логистического потенциала экономических систем макроуровня обусловлена их генезисом в результате интеграции систем микроуровня. Потенциал подобной сложной системы включает совокупные возможности её подсистем, хотя и не тождественен их алгебраической сумме. Комплексная оценка совокупного логистического потенциала экономической системы страны (региона) предполагает учёт возможностей по всем его компонентам с использованием соответствующих показателей:

- по транспортному потенциалу: густота транспортных сетей, наличие и количество транспортных терминалов и т.д.;
- по складскому потенциалу: текущее количество складских площадей и перспективы их расширения, уровень оснащённости складов и т.д.;
- по транзитному потенциалу: общий объём транзитных грузопотоков, проходящих по исследуемой территории в единицу времени;
- по кадровому потенциалу: наличие и количество квалифицированных специалистов, степень развития научной школы в области логистики;
- по экономико-географическому потенциалу: динамика численности и состава населения, показатели развития отраслей экономики и т.д.

Исследование существующих подходов к прогнозированию объема транзитных автомобильных грузоперевозок

Зиневич А. С.

Белорусский национальный технический университет

В контексте формирования экономического обеспечения логистического обслуживания транзитных автомобильных перевозок важной методической задачей выступает прогнозирование важнейшего объёмного показателя рынка – годового объёма транзитных автомобильных грузоперевозок по территории республики. В исследовании предлагается построение прогнозных моделей его динамики на основе двух методологических подходов: факторного регрессивного моделирования и линейной либо нелинейной экстраполяции.

Прогностические методы регрессивного моделирования обеспечивают количественную оценку прогнозных значений искомого параметра с помощью функциональной зависимости избранного вида. В исследовании предлагается построение линейной двухфакторной регрессионной модели результирующего показателя, в которой в качестве показателей-факторов используются один экзогенный фактор (объём валового внутреннего продукта России как крупнейшего источника транзитных грузопотоков для Беларуси) и один эндогенный фактор (среднегодовая густота сети автомобильных дорог общего пользования в Беларуси).

Качество прогноза, получаемого в факторной регрессионной модели, во многом зависит от достоверности используемых прогнозных значений показателей-факторов. Чтобы нивелировать это влияние, целесообразна реализация второго подхода, связанного с формированием однофакторной (временной) экстраполяционной модели. Экстраполяция предполагает аппроксимацию статистического ряда данных и использует расчёт абсолютных и относительных темпов изменения искомого параметра при определённом приращении аргумента. Важно отметить ограниченность области применения метода экстраполяции, признаваемого эффективным для случаев прогнозирования с горизонтом в 5-7 лет.

Оба представленных методических подхода к прогнозированию обладают преимуществами и недостатками. Прогноз двухфакторной регрессионной модели характеризуется большей многоаспектностью, однако возможен только на ограниченное количество периодов. В свою очередь, прогноз, получаемый путём экстраполяции во временной модели, не зависит от качества прогнозирования иных исходных показателей, однако также содержит субъективную составляющую в форме необходимости выбора прогнозистом конкретного функционального характера уравнения тренда.

Копко Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

Реализация любого инвестиционного проекта, в том числе и по созданию трансграничных таможенных логистических терминалов, всегда несет в себе элементы новизны и неопределенности, что предопределяет возможность возникновения рисков ситуаций, приводящих к значительным потерям, оценить которые в стоимостном выражении зачастую невозможно. Несмотря на то, что деятельность ТТЛС в большинстве ее видах не поддается коммерциализации и находится под контролем государства, тем не менее, исключить риск полностью не удастся. Он может возникнуть как на стадии разработки инвестиционного проекта и его реализации, так и в ходе эксплуатации ТТЛС на различных ее уровнях. Все это требует разработки мероприятий по учету и оценке рисков ТТЛС, их мониторингу и управлению ими, поскольку достаточно часто они накладываются друг на друга, порождая отрицательный мультипликативный эффект. Вместе с тем следует отметить, что в настоящее время отсутствует стандартное определение риска, равно как и единая его классификация. Однако, риск всегда включает 3 составляющие:

1. Неопределенность события. Риск существует только в том случае, когда есть многовариантность исходов. Например, изменение направлений транспортных потоков может привести к недостаточной загрузке терминала.
2. Потери. Один из исходов обработки транспортных средств всегда является нежелательным. Например, контрабанда, которую не удалось пресечь.
3. Небезразличность. Риск обязательно должен быть неприемлем для какого-либо физического или юридического лица, функционирующего в рамках ТТЛС, либо связанного с ней логистическими цепочками (договорами), которое будет стремиться предотвратить его любыми путями.

Внедрение системы управления рисками в таможенном деле способствует достижению требуемого уровня и динамики развития внешнеэкономических отношений государства, более тесному взаимодействию таможенных служб стран торговых партнеров и участников ВЭД.

Управление рисками в логистической системе промышленного предприятия

Лапковская П. И.

Белорусский национальный технический университет

В современных условиях быстроизменяющейся внешней среды промышленным предприятиям при оценке эффективности функционирования их логистических систем необходимо учитывать и анализировать риски, которые возникают при осуществлении логистических операций. При этом следует учесть существующие на сегодня отличия отечественного производства от производства развитых западных стран. Эти отличия заключаются в значительном разбросе таких параметров, как время осуществления логистических операций и качество выполнения логистических услуг. Кроме этого, существуют различные виды логистических рисков, которые влияют на получение готовой продукции в срок и требуемого качества.

В экономической науке отсутствует общепризнанное понятие риска, потому авторы, рассматривая данный вопрос, предлагают различные трактовки. Поскольку существует множество определений понятия «логистический риск», но нет единого мнения в выделении его основных свойств, будем основываться на том, что логистические риски – это риски выполнения логистических операций при транспортировке, производстве, складировании, грузопереработке, управлении запасами и риски логистического менеджмента, возникающие на разных уровнях логистической системы и связанные с возможностью возникновения сбоев в движении материальных, финансовых и информационных потоков.

Особое значение при управления рисками в логистической системе имеет процесс идентификации и классификации логистических рисков для дальнейшего определения методов управления ими. Существуют различные подходы к классификации рисков, которые можно использовать при выявлении и классификации логистических рисков. Исследованные подходы к классификации логистических рисков позволяют выделить риски в функциональных областях логистики, но не отражают влияние на материальные, финансовые и информационные потоки. Поэтому возникает целесообразность оценки логистических рисков одновременно и в точки зрения места его образования (функциональная области логистики), и его влияния на соответствующий логистический поток.

Показатели оценки эффективности управления инновационной деятельностью транспортного предприятия

Сойко Р. А.

Белорусский национальный технический университет

При оценке эффективности управления инновационной деятельностью транспортного предприятия необходимо рассчитать:

- *оценочные показатели производственной эффективности нововведений и их прирост в сравнении с аналогом* (добавленная стоимость (чистая продукция, включая амортизацию, полученная за счет производства нововведения; чистая продукция, полученная за счет производства (создания или использования) нововведения; доход (прибыль и амортизация) за счет производства (создания или использования) нововведения; экономия от снижения себестоимости продукции (работ, услуг), полученная за счет производства (создания или использования) нововведения; потенциальная прибыль от применения нововведения).

- *показатели финансовой эффективности нововведений и их прирост в сравнении с аналогом* (чистый доход (чистая прибыль и амортизация) за счет производства (создания или использования) нововведения; чистая прибыль за счет производства (создания или использования) нововведения; доля чистого дохода в общей сумме доходов за счет производства (создания или использования) нововведения; доля чистой прибыли в общей массе прибыли, полученной за счет производства (создания или использования) нововведения; рентабельность продукции (работ, услуг), исчисленная по чистому доходу от производства (создания или использования) нововведения; рентабельность продукции (работ, услуг), исчисленная по чистой прибыли от производства (создания или использования) нововведения; общая масса прибыли, полученной за счет производства (создания или использования) нововведения;

- *показатели инвестиционной эффективности нововведений* (экономический эффект (исчисленный по чистой продукции (работам, услугам) включая амортизацию), полученный за счет производства (создания или использования) нововведения; экономический эффект (исчисленный на основе дохода), полученный за счет производства (создания или использования) нововведения; экономический эффект (исчисленный по чистой прибыли), полученный за счет производства (создания или использования) нововведения; срок окупаемости капитальных вложений (исходя из чистого дохода), полученного за счет производства, создания или использования нововведения.

Оценка эффективности нововведений в управлении транспортным предприятием

Сойко Р. А.

Белорусский национальный технический университет

Оценка эффективности управления инновационной деятельностью транспортного предприятия осуществляется посредством сравнительного анализа оценочных показателей эффективности нововведения.

Сравнительный анализ оценочных показателей эффективности нововведения осуществляется в следующей последовательности.

На первом этапе проводится сравнительный анализ показателей инвестиционной эффективности нововведения по исследуемому транспортному предприятию, участвующему в его реализации.

На основе анализа делается вывод о целесообразности финансирования расходов транспортного предприятия на реализацию нововведения.

На втором этапе проводится сравнительный анализ хозяйственной и финансовой эффективности реализации нововведения на исследуемом предприятии транспорта.

На основе такого анализа делается вывод о возросших возможностях транспортного предприятия использовать прирост конечных результатов от реализации нововведения на рост благосостояния работников предприятия, на реализацию новых инвестиционных или инновационных проектов, а также о повышении конкурентоспособности транспортного предприятия.

Расчет экономического эффекта от реализации нововведения, полученного за весь срок его использования по исследуемому транспортному предприятию, может быть произведен по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_1 = (D_1 - K_1 \times K_{ан}) \times T_1$$

где \mathcal{E}_1 – экономический эффект от реализации нововведения, полученный за весь срок его использования по исследуемому транспортному предприятию, руб.; D_1 – доход (сумма прибыли и амортизации) от реализации нововведения в расчете на год, руб.; K_1 – общая сумма капитальных вложений на реализацию нововведения, млн. руб.; $K_{ан}$ – коэффициент аннуитета; T_1 – срок полезного использования нововведения.

Оценка и прогноз неравноточных наблюдений экономических процессов

Спирков С. Н.

Белорусский национальный технический университет

Все данные об экономических процессах содержат случайную составляющую. Поэтому результаты, получаемые при статистической обработке данных, могут различаться по степени точности и обоснованности. Степень обоснованности и точности результатов зависят от качества, характера данных метода их обработки, степени соответствия данных и методов друг другу. Если наблюдения охватывают не все изучаемые объекты, а только некоторую их часть, то минимальное число измерений должно быть установлено с требуемым уровнем точности и доверительной вероятности. Большинство методов и программ в статистических пакетах для обработки данных на компьютерах основываются на гипотезе о нормальном законе распределения данных, используемых для обработки. Поэтому первым этапом анализа данных является их проверка на соответствие закону нормального распределения:

- выбираются данные об объемах промышленного производства в стоимостном выражении, размерах прибыли и рассчитываются величины рентабельности и годового прироста объемов производства;

- производится статистическая обработка данных, для чего составляется таблица данных и пар переменных – соответственно рентабельности и прироста производства в процентах;

- строится гистограмма для каждой переменной, показывающая, сколько значений попадает в каждый из интервалов, на которые можно разделить весь диапазон изменения рассматриваемой величины;

- с помощью критериев К. Пирсона или А.А. Колмогорова проверяется гипотеза о соответствии данных нормальному закону распределения. Критерий К. Пирсона равномерно реагирует на отличия распределений во всем диапазоне, но чувствителен к объему выборки и числу интервалов, на которые разбит диапазон переменной. Критерий А.А. Колмогорова реагирует на наибольшую разницу между теоретическим и эмпирическим распределениями вблизи максимума плотности распределения.

Вторым этапом анализа данных является выявление и оценка связи между различными показателями (параметрический корреляционный анализ; непараметрические методы). В основу непараметрических методов положен принцип ранжирования значений статистического ряда. Используются также модели линейной и нелинейной регрессии.

**Показатели эффективности логистических систем
автомобильных перевозок грузов**

Божанов П. В.

Белорусский национальный технический университет

Основными показателями эффективности логистической системы автомобильных перевозок грузов являются продолжительность нахождения материального потока в логистической системе, срок доставки согласованного объема грузов с использованием минимального уровня запасов товаров в пути, уровень качества транспортного сервиса, включая продолжительность обслуживания заказа, сохранность грузов при транспортировке, возможность перевозки разных размеров партий грузов и неоднородных грузов, уровень использования грузоподъемности и вместимости транспортных средств, а также производительность, адаптивность, надежность и устойчивость работы логистической системы.

Оценка эффективности логистических систем автомобильных перевозок грузов основана на анализе данных показателей, которая является простой для понимания и сложной в ее подготовке, заключающаяся в обработке больших объемов анализируемых показателей. Здесь эффект определяется как экономия средств, получаемая в результате достижения прогнозных значений показателей эффективности. Этот эффект достигается за счет снижения затрат на хранение и учет товарных запасов, уменьшения оборотных средств в этих запасах, сокращения погрузочно-разгрузочных операций, повышения скорости доставки товаров и их сохранности при перевозке, ускорения оборота подвижного состава автомобильного транспорта.

Присутствуют различные способы решения вопросов транспортировки грузов, которые реализуются как логистами, так и автомобильными перевозчиками. Однако участие посредников в организации и управлении логистическими системами приводит к закономерным экономическим противоречиям, поскольку задачи участников этих систем различны, для одних – это максимизация доходов от их деятельности в этих системах, для других – это сокращение расходов на транспортировку и сопровождение товаров. В результате полноценная реализация логистических принципов усложняется, что влияет на эффективность логистической системы, при этом интеграция процессов в ней реализуется основным ее участником – автомобильным перевозчиком, представляющим наиболее универсальный и востребованный вид перевозок.

Жданова Е. С.

Белорусский национальный технический университет

Оценка уровня конкурентоспособности – важный этап процесса формирования конкурентных преимуществ грузовых автотранспортных предприятий, который способствует формированию стратегии их деятельности. На данный момент существует множество методик оценки конкурентоспособности. Но большинство методик не учитывают отраслевую принадлежность предприятия, что существенно влияет на результаты оценки, так как не учитывается специфика работы предприятия.

Автором предлагается методика оценки конкурентоспособности грузовых автотранспортных предприятий, позволяющая, в том числе, выявить наиболее привлекательного с точки зрения грузоотправителя перевозчика и при этом учесть степень его надежности.

Методика основана на расчете интегрального показателя. Элементами комплексной оценки являются: конкурентоспособность автотранспортной услуги, качество подвижного состава, результат деятельности предприятия, надежность автотранспортного предприятия, квалификация персонала. Каждый комплексный показатель в свою очередь определяется рядом единичных показателей. Например, конкурентоспособность автотранспортной услуги характеризуется следующими единичными показателями: соответствие услуги потребностям клиента; стоимость услуги (тариф); наличие дополнительных услуг. Для расчета интегрального показателя все единичные показатели приводятся к единому измерению – в интервале от 0 до 1. Количественные показатели рассчитываются с помощью относительных показателей, для качественных предлагается использовать трехуровневую шкалу: 1 – высший уровень; 0,5 – средний уровень; 0 – низший уровень. Автотранспортное предприятие, у которого оценка всех единичных показателей равна 1, считается идеальным, так как всем критериям присваивается высший балл. Таким образом, полученная методика оценки конкурентоспособности грузовых автотранспортных предприятий позволяет учесть внутренние и внешние факторы конкурентоспособности, а также оценить надежность автотранспортного предприятия. Результаты проведенной оценки могут быть использованы как самим автотранспортным предприятием для повышения своей конкурентоспособности на рынке, так и грузоотправителями для построения рейтинга перевозчиков и выбора наиболее оптимального варианта перевозки груза.

Направления повышения конкурентоспособности грузовых автотранспортных предприятий

Жданова Е. С.

Белорусский национальный технический университет

Конкурентоспособность – сложное и многофакторное явление, которое следует оценивать индивидуально для каждого конкретного предприятия, учитывая специфику его деятельности. Конкурентоспособность автотранспортного предприятия можно определить как систему следующих показателей: конкурентоспособность автотранспортной услуги, качество подвижного состава, результативность деятельности предприятия, надежность автотранспортного предприятия, качество персонала. На основе данных показателей можно определить направления повышения конкурентоспособности грузовых автотранспортных предприятий:

- расширение перечня предоставляемых услуг (закупка специализированной техники для перевозки специальных грузов; предоставление сопутствующих перевозке услуг: экспедирование, страхование, таможенное оформление, логистический аудит и другие);

- снижение стоимости услуг (сокращение эксплуатационных затрат, оптимизация маршрутов);

- повышение качества подвижного состава (постоянное обновление подвижного состава; повышение доли транспортных средств, соответствующих последним европейским стандартам);

- повышение надежности автотранспортного предприятия (обеспечение своевременной доставки груза в надлежащем состоянии, добросовестное выполнение договорных обязательств);

- повышение квалификации обслуживающего персонала (переподготовка, повышение квалификации персонала; повышение культуры обслуживания клиентов; снижение текучести кадров);

- увеличение доли рынка автотранспортного предприятия (точное удовлетворение покупательских запросов; расширение спектра предоставляемых услуг; изучение характеристик транспортного рынка и анализ потребностей в услугах; своевременный анализ конкурентоспособности предоставляемых услуг).

Указанные направления повышения конкурентоспособности грузовых автотранспортных предприятий взаимосвязаны, и предприятию необходимо рассматривать их в комплексе для достижения наиболее значимого результата.

Страховой запас материальных ресурсов в условиях неопределенности

Скворода Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Определение величины страхового запаса материального ресурса – одна из главных проблем в установлении параметров модели управления запасами на предприятии. Отсутствие страхового запаса либо недостаточный его объем по критичным материальным ресурсам при наступлении рискованных событий может привести к сбоям в системе материального снабжения производственного процесса, вплоть до остановки производства. С другой стороны, чрезмерный объем страхового запаса приводит к отвлечению финансовых средств из хозяйственного оборота и дополнительной загрузке складских помещений.

Несмотря на большое количество работ в области производственной и закупочной логистики, как зарубежных, так и отечественных авторов, ряд вопросов, в частности подходы к формированию страховых запасов при зависимом спросе, методика определения его величины в условиях неопределенности остаются недостаточно изученными. Анализ методики формирования страхового запаса на предприятиях химической промышленности показал, что объем страхового запаса формируется лишь на основе плановой потребности в номенклатурной позиции в течение срока поставки. Это приводит к наличию огромных текущих запасов и, следовательно, к замораживанию средств, вложенных в запасы, что не соответствует критерию эффективности.

В условиях неопределенности, когда изменению подвержены и интенсивность потребления и время выполнения заказа, формирование страхового запаса происходит для обеспечения непрерывности процесса снабжения производства в случае возникновения следующих рискованных событий:

- при возникновении отклонений в периодичности (сроках), величине партий поставок;
- в связи с невыполнением ранее запланированных показателей производства в результате увеличения спроса на конечную продукцию.

Следовательно, экономико-математическая модель определения величины страхового запаса материальных ресурсов должна учитывать колебания уровня спроса на конечную продукцию и отклонения в поставках по времени и объему поступающих партий заказа.

**Оптимизационный подход к управлению запасами
материальных ресурсов**

Скворода Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Управление запасами в звеньях цепей поставок – проблемный аспект, привлекающий внимание руководителей и специалистов предприятий различных направлений бизнеса, связанных с движением материальных потоков. Материальные запасы или продукция, ожидающая потребления, составляют значительную часть оборотных средств предприятия. Поскольку нехватка производственных запасов приводит к нарушению ритмичности производства, снижению производительности труда и, как следствие, повышению себестоимости выпускаемой продукции, а наличие не востребовавшихся запасов приводит к росту затрат на их содержание (отвлекает из оборота денежные средства), то поддержание оптимального уровня запасов и рациональной динамики их пополнения является ключевой задачей. Поэтому в последнее время интерес, проявляемый промышленными предприятиями к современным подходам к управлению запасами, резко возрастает, особенно при непрерывном цикле производства.

Наиболее важное требование к управлению запасами – это его эффективность. Это означает, что вклад управления запасами в чистую прибыль и чистый денежный поток должен быть оптимально максимальным. Это обеспечивается минимизацией затрат, связанных с управлением запасами, за счет использования параметров эффективного управления запасами, к которым относятся оптимальный объем заказа, оптимальный интервал контроля текущего запаса и выдачи заказа, оптимальный резервный (страховой) запас, оптимальный максимальный желательный запас. Таким образом, эффективное управление запасами по каждой номенклатурной позиции означает расчет оптимальных значений параметров управления запасами и использование их в качестве норм для определения момента выдачи заказа и размера заказа при обеспечении требуемого уровня обслуживания (удовлетворения потребностей) потребителей.

Формулы или алгоритм расчета параметров управления запасами определяются видом практической системы управления запасами, которая лучше, чем другие, соответствует особенностям логистической ситуации конкретной номенклатурной позиции.

Осипова Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

Транспорт является одной из ключевых отраслей любого государства, важнейшим фактором эффективного развития экономики. Становится более актуальной главная задача транспорта – ускорение оборота материальных ценностей, доставки готовой продукции, перевозки людей. Транспортный сектор, удельный вес которого в ВВП составил 5,45 % в 2017 г., играет важную роль в экономике Беларуси. На него приходилось примерно 222 тыс. чел. от числа занятых в Беларуси. Сектор способствует развитию внешней торговли, обеспечивает значительные поступления в страну валюты за счет экспорта транспортных услуг и вносит вклад в платежный баланс страны. Чтобы оценить эффективность деятельности транспортной системы, используются такие показатели, как объем перевозок (пассажиров и грузов) или пассажирооборот и грузооборот. Объем перевозок грузов по видам транспорта с 2012 г. ежегодно уменьшался и в 2016 г. составил 417 643 тыс. т. Снижения объемов перевозок грузов наблюдается по всем транспортным секторам кроме воздушного. В 2017 г. объем перевозок грузов увеличился. Автомобильный транспорт является основным видом транспорта при перевозке в городском и пригородном сообщениях, выполняет около 38 % грузовых перевозок, обеспечивая возможность доставки грузов «от двери до двери». Объем перевозок грузов автомобильным транспортом в первом квартале 2018 года составил 36 138,4 тыс. тонн и увеличился по сравнению с предыдущим годом на 10,8%. В современных условиях управление грузоперевозками автомобильным транспортом играет важную роль в управлении народным хозяйством. Перевозка не является чем-то однородным и бесструктурным, она состоит из совокупности элементов и операций, тесно связанных друг с другом и протекающих в пространстве и времени. Для планирования, учета и анализа работы подвижного состава грузового автомобильного транспорта применяется система показателей, позволяющая оценивать степень эффективности использования подвижного состава и результаты его работы. При планировании и организации перевозок основными задачами являются: повышение технико-эксплуатационных показателей (кроме простоев) подвижного состава; сокращение простоев под погрузкой-разгрузкой (посадкой-высадкой); снижение себестоимости перевозок.

Организация упаковочного производства

**О разработке информационных технологий
в агропромышленных объектах**

Гутман В. Н.

Белорусский государственный аграрный технический университет

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по повышению технического уровня систем приготовления и раздачи кормов .

Работы проводились в двух направлениях: повышение технического уровня технологического оборудования и систем автоматизированного управления технологическим процессом.

По первому направлению созданы новые типы смесителей модульного типа, диспергатор, кормовой насос, питатель влажного зерна кукурузы. Это оборудование разработано с тем условием, чтобы можно было приблизить его режим работы к автоматическому процессу управления. При этом обеспечивается многократное дозированное использование кормов, что снижает металлоемкость оборудования и энергоемкость процесса приготовления и раздачи кормосмеси в 2-3 раза.

Автоматизированная система управления базируется на программируемых логических контроллерах с разработанной собственно программой использования кормов. Программа обеспечивает функции наблюдения за протеканием процесса перемешивания и дозированной раздачи корма через электро-пневмоклапаны по системе визуализации, а также комплекса других функций вплоть до анализа всего процесса кормления (расход корма, конверсия корма, корректировка доз кормления и т.п.). Система обеспечивает удаленный доступ по контролю за протеканием процесса, возможность установления причин отказа оборудования. Это позволяет обеспечивать повышение использования кормов под присмотром одного оператора, в основном с функциями наблюдения и контроля за процессом.

Цвет в искусстве романтизма XIX в.

Королёва А. В.

Белорусский национальный технический университет

Роль цвета в культуре XIX в. значительно возрастает в сравнении с предыдущими эпохами. Романтизм был реакцией на буржуазный практицизм и бездуховность. Романтики ценили все, что возвышается над житейской прозой и ее рациональными законами, отсюда их внимание к музыке, свету и цвету. Цвет, обладающий огромной силой эмоционального воздействия на человека, становится одним из главных выразительных средств; философы, художники и поэты видят в нем знаки духа и язык Божества (Шеллинг, Гофман, Шиллер, Рунге). Художник творит свой особый мир, в котором воплощает свой идеал. В эстетике романтизма утверждается идея содержательности цвета, в противоположность принципу подражания натуре.

В живописи К.Д.Фридриха (1774-1840) цвет в высшей степени содержателен. В его пейзажах все предвещает гибель этого мира. Лунный свет или догорающий закат – явления природы, которые ассоциируются с печалью и смертью. Часто мы видим инверсию отношений яркостей неба и земли, что подсознательно вызывает ощущение тревоги и даже страха. В белом цвете художник открывает его негативные смыслы: неподвижность, холод, зловещую мертвенность, но вместе с тем одухотворенность и божественную невесомость.

Символические композиции Ф.О.Рунге (1777-1810) «Времена дня» - торжество символа и аллегории, своего рода тайнопись бытия человека и природы. Рунге одухотворял краски и видел в них глубокий смысл. Виднейший представитель французского романтизма Э.Делакруа (1798-1863), изучая наследие живописцев прошлого, сделал важнейшее открытие в области колорита и живописной техники, ставшее началом выработки совершенно нового подхода к цвету в живописи. Суть его в том, что в природе цвет, кажущийся однотонным, образуется соединением множества различных цветов. Вместо того чтобы обобщать локальную окраску объекта, Делакруа увеличивал количество тонов внутри него и противопоставлял их друг другу, чтобы придать каждому цвету максимальную интенсивность. По словам современников, Делакруа «вернул цвет живописи». Чтобы сочетать чистые цвета, он тщательно изучал законы гармонизации и делал много колористических пособий для своей работы. Все вопросы цвета и колорита Делакруа связывал с содержанием и композицией картины. Его живопись очень эмоциональна и экспрессивна.

О биологически разлагаемых полимерах

Кузьмич В. В., Карпунин И. И., Почанин Ю. С.
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. Согласно данным перечня объектов хранения и захоронения отходов, который ежегодно составляется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, на территории республики расположено 628 полигонов и 3735 мини-полигонов, на которых захоронено более 17 млн. м³ твердых коммунальных отходов (ТКО). Суммарная площадь земельных отводов для размещения полигонов ТКО составляет около 900 га, более 50% которых занято отходами. На эти мини-полигоны приходится примерно 3 тыс. гектаров земли. Более того, на данный момент наблюдается однозначная тенденция к увеличению этих и так ошеломляющих цифр.

Общая доля пластмассовых отходов среди ТКО сравнительно невелика - около 7%, следовательно, достаточно трудоемкий процесс выделения последних не всегда окупается. Неотсортированные пластмассы в свою очередь значительно усложняют процесс переработки отходов, а в некоторых случаях делают его и вовсе невозможным. Одним из возможных выходов из сложившейся ситуации мировое сообщество видит во внедрении биоразлагаемых пластиков и замена ими существующих.

С целью создания широкого спектра биоразлагаемых полимерных материалов (ПМ) за рубежом происходит объединение усилий в таких организациях, как Международная ассоциация биоразлагаемых полимеров (IBAW) и Институт оксибиоразлагаемых пластмасс (ОПИ).

Профессионализм специалиста напрямую связан с повседневным кропотливым трудом и самообразованием, включающим в себя умение использовать компьютерные программы, обрабатывать современную графическую информацию, знать новейшие направления и уметь оперативно их внедрять в проекты-заказы.

**Экстракционный метод извлечения РЗЭ при переработке
отходов Гомельского химического завода**

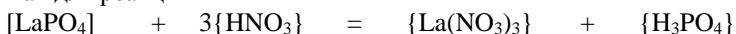
Зык Н. В., Шункевич В. О.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что растворимость нитратов РЗЭ больше, чем сульфатов РЗЭ.

С целью определения термодинамической вероятности протекания отдельных реакций, реализующихся при взаимодействии фосфогипса с азотной кислотой, выполнены термодинамические расчеты с участием соединений РЗЭ по известным данным.

Так для реакции

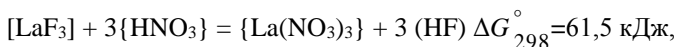


изменение стандартной энергии Гиббса $\Delta G_{298}^\circ = -119,9$ кДж.

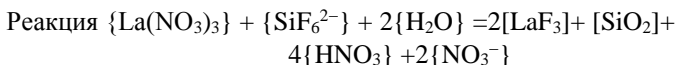
Результаты расчета изменения энергии Гиббса для уравнения (1.1) в интервале температур 0-100 °С показывают, что в этих условиях переход фосфата лантана в раствор термодинамически вероятен, однако с повышением температуры вероятность протекания реакции уменьшается за счет увеличения энтропийного фактора.

Из литературных данных известно, что фторид лантана является устойчивым соединением, нерастворимым в разбавленных кислотах.

Так, изменение стандартной энергии Гиббса реакции:



следовательно, протекание указанной реакции термодинамически маловероятно.



в стандартных условиях эндотермична, но термодинамическая вероятность ее протекания возрастает с повышением температуры:

К	298	322	373
ΔG_T° , кДж	-58,1	-70,0	-93,8

Таким образом, термодинамически вероятно образование нитратов РЗЭ в реакции взаимодействия фосфатов РЗЭ с азотной кислотой, а также образование малорастворимых фторидов РЗЭ при взаимодействии в растворе гексафторосиликат-ионов и нитратов РЗЭ.

Использование отходов дна для производства тарной упаковки

Карпунин В. И.

РУП НАЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства

Для упаковки, хранения и транспортировки различной промышленной продукции, а также товаров народного потребления требуется большое количество упаковочной тары. Поэтому в настоящее время используют древесину, металлы и различные пластмассы.

Для многообразия продукции упаковки необходимо большое количество разных размеров ящиков.

Использование ящиков из полученных плит для упаковки и транспортировки различных продуктов имеет особое значение для сокращения расхода древесины, так как количество лесов в мире значительно сокращается, поэтому решение вопроса снижения расхода древесины и повышения расхода костры в производстве тары имеет большое народнохозяйственное значение.

Для его осуществления необходимо создание новых конструкционных материалов, заменяющих натуральную древесину с использованием отходов, и разработка новых конструкций тары на их основе.

Для уменьшения расхода древесины для указанных выше целей, могут оказаться наши исследования по замене древесины при изготовлении тары с использованием отходов растительного сырья, которые образуются при всех способах механической переработки растительного сырья и составляют большой резерв вторичного сырья. Такими отходами являются костра лубяных культур (льна) и отходы древесины. Ящики для упаковки и тары, полученные из костры льна, собирали вручную или с помощью механизированных устройств согласно.

Для этого панель (из костровой плиты) дна ящика располагается горизонтально, а на имеющихся по периметру панели выступах устанавливают боковые и торцевые панели. При этом необходимо, чтобы выступы торцевых панелей закрывали торцы боковых. Затем на образовавшиеся 4 угла ящика надевают металлические угольники. Выступы на угольниках, которые предназначены для размещения стяжной ленты, должны находиться на продольных ребрах ящика, предназначенного для упаковочной тары. С целью плотной посадки угольников в средней части изготавливаемого ящика на продольные ребра надевают металлические накладки с усилием 35-45 кг. В собранный ящик укладывают продукцию, а затем устанавливают панель крышки и на верхние углы ящика надевают угольники, а на ребра - накладки.

**Использование твердых бытовых отходов
для производства топлива с целью получения энергии**

¹Карпунин В. И., ²Балабанова О. В.

¹Республиканское унитарное предприятие «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время важным вопросом промышленности является экономия энергетических ресурсов. Для решения в значительной степени этой проблемы этой необходимо широкое внедрение альтернативных источников энергии, которое тормозится экономическими и социальными проблемами. Важное значение для производства энергии может дать использование отходов растительного сырья.

При этом сжиганию подвергается 10-15% отходов, а значительная часть отходов остаётся неиспользованной.

Брикетигование сыпучих отходов растительного сырья позволяет увеличивать теплотворную способность опилок, костры и стружки. Например, теплотворная способность хвойной древесины при влажности брикетов 37% составляет 2500 ккал/кг, а при влажности 20-22% - 3300 ккал/кг.

Особое значение имеет газификация древесных отходов, обеспечивающая получение топливного газа, который может быть использован в качестве газообразного топлива в котельных, газовых турбинах и двигателях внутреннего сгорания.

Использование осознанного управления энергетическим процессом позволяет в очень широких пределах изменять относительное количество энергии в химических продуктах, получаемых с единицы массы перерабатываемого растительного сырья, что позволит наиболее целесообразно создать процесс полного использования всех отходов при их накоплении. Использование отходов различного растительного сырья даёт возможность создать различные химические продукты или их смесь.

Республика Беларусь располагает значительными сырьевыми ресурсами. При этом добыча топливных ресурсов в суммарном количестве составляет 15 млн. условного топлива. Отходы должны выполнять значительную роль в обеспечении республики топливом. Важной альтернативой к сокращению расхода энергии является использование местных природных ресурсов.

Сравнительное испытание на грибоустойчивость полимерных материалов с биоцидными добавками

Почанин Ю. С., Балабанова О.В.

Белорусский национальный технический университет Козлов Н. Г.
Институт физико-органической химии НАН Беларуси

Среди мер борьбы с биоповреждениями материалов первое место занимают химические средства защиты - антисептические составы (АС). Они должны отвечать ряду требований: быть токсичными по отношению к грибам и насекомым, но безвредными для человека и животных; хорошо проникать в материал, быть стойкими во времени, не снижать прочность, не портить внешнего вида; не вымываться водой и т. д. Важными требованиями также являются: биозащищаемость, высокие антикоррозионные и адгезивные свойства. Несмотря на достаточно большой выбор АС, проблема защиты материалов, изделий и сооружений от биологического повреждения по-прежнему является актуальной, так как только учтенные потери от биоповреждений составляют 5-7% стоимости мировой промышленной продукции и имеют тенденцию к росту.

В настоящее время на рынке стран СНГ преобладают традиционные хлорсодержащие антисептические средства (хлорамин, гипохлорит и др.), нафтенат меди, препараты, содержащие α -пирен, а также фенольные препараты, которым присущ ряд существенных недостатков: высокая токсичность, относительно невысокая активность в отношении большинства патогенных микроорганизмов и грибов. Кроме того, их рабочие растворы малостабильны, коррозионно-активны, имеют выраженный запах, раздражают кожу и слизистые оболочки, повреждают защищаемые материалы. АС закупаются за валюту и по высокой цене в Германии, Франции, Китае и т. д. Производство их в Республике Беларусь носит ограниченный характер. В Республике Беларусь основным производителем АС является ОАО «Лесохимик» (г. Борисов), который в рецептуре АС использует канцерогенный α -пирен. В то же время на ОАО «Лесохимик» осуществляется переработка сосновой живицы *PinusSilvestris*L на канифоль и скипидар. Известно, что канифоль вследствие своей уникальной природы является эффективным сырьем для создания на ее основе новых вторичных продуктов, которые могут быть использованы в композиционных составах. Саму же канифоль, вследствие невысоких потребительских свойств, следует применять в композиционных составах для придания анти-септических свойств.

Микульчик С. Ю.

Белорусский национальный технический университет

В течение многих лет студенты кафедры «Промышленный дизайн и упаковка» факультета технологий управления и гуманитаризации БНТУ принимают активное участие во внутривузовских, республиканских и международных конкурсах: «Рождественское настроение дизайнера», «Миг жизни моей», «Мы – за здоровый образ жизни», «Мы – против коррупции», «Грани творчества». В связи с актуальностью предложенных организаторами конкурсов тем и номинаций студенты кафедры проявляют интерес и предлагают разные варианты творческих проектов с целью определения уникальных работ с особенным стилем исполнения. Изобразительное творчество современных студентов и предоставляемая возможность участия в конкурсах подчеркивает индивидуальность, демонстрирует особый стиль и современное воплощение.

Творческая личность раскрывается, показывая свои разработки по актуальной и важной на данном этапе тематике, предлагает проекты материалов на открытое голосование независимых пользователей сети интернет, а в дальнейшем – компетентному и профессиональному жюри. Работа и участие в конкурсах способствует целенаправленной творческой деятельности студентов, расширяет круг общения молодежи, знакомит с художественными работами студентов других высших учебных заведений, помогает определиться и выработать свой творческий подтекст. Организаторы проектов конкурсов под управлением руководящего состава Министерства образования Республики Беларусь формулируют важную для молодежи нашего государства и в дальнейшем перспективную тему, которая находит отклик в сердцах людей искусства. Активное участие студентов кафедры «Промышленный дизайн и упаковка» факультета технологий управления и гуманитаризации БНТУ в конкурсах приобретает статус традиционного, а это – доверие, перспективность, уверенность и востребованность.

В Японии существует особый предмет – «Искусство любования», в котором учат: всматриваться в привычное – видеть неожиданное; всматриваться в простое – и видеть сложное; всматриваться в некрасивое – и видеть красивое; всматриваться в малое – и видеть великое! Среди современной молодежи Беларуси большое количество талантливых людей, которые активно работают и принимают участие в номинациях творческих проектов, демонстрируют свои работы.

Современные направления дизайнерских исследований для импортозамещения

Микульчик С. Ю.

Белорусский национальный технический университет

Выпускники кафедры «Промышленный дизайн и упаковка» факультета технологий управления и гуманитаризации Белорусского национального технического университета получают квалификацию инженер-конструктор-дизайнер, инженер-дизайнер. Тематика курсовых работ и курсовых проектов на кафедре «Промышленный дизайн и упаковка» факультета технологий управления и гуманитаризации Белорусского национального технического университета разрабатывается с учетом целей, актуальных задач государственной значимости, выбранных объектов для анализа, исследования и вариантов решения. Графический дизайн вносит современный инновационный вклад в развитие социально-экономической и культурной сферы жизни, сконцентрированной на визуальной коммуникации и представлении.

В настоящее время проводятся исследования в области промышленного дизайна, направленные на решение важной государственной задачи – импортозамещение. Студенты прорабатывают поисковые варианты для преобразования дизайна внешнего вида промышленных изделий с целью увеличения продажи выпускаемой продукции как на территории Республики Беларусь, так и за ее пределами; изучается производимое промышленное оборудование на территории Беларуси, в странах ближнего и дальнего зарубежья; выявляются особенности выпускаемой и пользующейся спросом продукции. Быть востребованным и полезным – это значит быть перспективным и в дальнейшем иметь работу в хорошей компании. Изобразительное творчество для студентов кафедры – это инструмент; как его использовать – задача профессорско-педагогического коллектива, цель руководства Белорусского национального технического университета. Тандем, образованный в результате тесного сотрудничества с проектами конкурсов, – путь к вершине творческого мастерства. Происходит мягкий переход от слова к изображению, когда даже буква изменяет свой внешний вид и вместо знака превращается в оживленную форму. Главный принцип работы в данном направлении – пошаговое и последовательное создание проекта: от виртуального эскиза до реального макета.

Оптимизация последовательности изучения систем визуализации трехмерных моделей

Остапенко И. В.

Белорусский национальный технический университет

Рассматриваются компоненты систем визуализации, необходимость структурирования и оптимизации последовательности получения 3D-визуализации трёхмерных моделей проектного решения, применяемые в современных программах, а также варианты подготовки презентационных материалов.

К компонентам системы визуализации можно отнести следующие элементы:

Методы тонирования. *Рёберное (каркасное) изображение* - все трёхмерные тела изображаются в виде каркаса из образующих их рёбер. *Тоновая закраска* - все трёхмерные тела раскрашиваются с учетом заданного для каждого тела цвета. *Тоновая закраска с материалами* - все трёхмерные тела раскрашиваются с учётом выбранного материала, как для тела в целом, так и назначенного для отдельной грани. *Рёберное изображение с удалением невидимых линий* - в 3D окне показывается рёберное изображение 3D модели без невидимых линий. Используется быстрый алгоритм определения видимости линий.

Съемочные камеры. Используются *системные, стандартные и физические* камеры. Изображение будет зависеть от способа проецирования, плоскости обрезки (быстрый визуальный анализ внутренних элементов тел) и положения камеры.

Источники света. Освещение тел в 3D сцене обеспечивается источниками света. Источники света можно разделить на три основных типа: *стандартный, дневной, фотометрический*.

Средства визуализации. Существуют два изначальных средства визуализации: средство для визуализации *с построчной разверткой* и *mental ray*. А также многочисленные специальные *надстройки* (плагины), которые помогают оптимизировать визуализацию проекта под определенные требования и расширяют возможности 3ds max.

Последним этапом визуализации является выбор типа представления объекта: изображение, анимированная картинка, видео и т.д.

Таким образом, на основании компонентов, входящих в систему визуализации предполагается формировать оптимальный комплект, отвечающий индивидуальным требованиям визуализации моделей, позволяя вывести проектирование на качественно новый уровень.

Новые композиции биоразлагающихся полимерных материалов на основе полиэтилена и растительных добавок

Степаненко А. Б., Немцева С. К.

Белорусский Национальный технический университет

Создание биоразлагаемых полимерных материалов в настоящее время является приоритетным направлением среди новых технологий, реализация которого позволит минимизировать загрязнение окружающей среды полимерными отходами. Современная наука и жизнедеятельность людей требуют создания таких новых полимерных материалов, свойства которых не изменяются при эксплуатации в течение довольно длительного времени. Однако воздействие окружающей среды (воды, кислорода воздуха, солнечного света и биологических агентов-микробов, грибов, насекомых и др.) сокращает срок службы многих изделий из полимерных материалов.

Важным качеством растительных добавок при создании новых полимерных композиций является их способность к биодegradации. Данное свойство необходимо использовать для получения самых различных пленок.

Основная научная идея выполняемой в настоящее время научно-исследовательской работы – разработка композиций на основе ПЭВД, содержащих в составе в качестве инициаторов биодеструкции соединения химической и биологической природы (крахмал, целлюлоза, хитин, хитозан, соапстоки) и получение образцов полимерных плёнок в условиях воздействия высокого давления и сдвиговой деформации. В дальнейшем моделирование влияния факторов окружающей среды (кислород, температура, агрессивная среда, микромицеты) на биодegradацию полимера и выявление изменений, происходящих в полимерной матрице даст возможность оценить вклад каждого конкретного фактора на биоконверсию материала. Эти факторы действуют синергически и, в конечном счете, приводят к фрагментации полимера за счет деструкции макромолекул и превращения их в низкомолекулярные соединения, способные участвовать в естественном круговороте веществ в природе.

Получение наноразмерного оксида алюминия

Зык Н. В., Шункевич В. О.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы наблюдается повышенный интерес к получению ультрадисперсного порошка (УДП) оксида алюминия. УДП оксида алюминия может быть использован для создания материалов с новыми функциональными свойствами в качестве основы катализаторов, высокоплотной и биосовместимой керамики, в производстве композитов. Прекурсор из тонкодисперсного оксида алюминия позволяет существенно понизить температуру получения кубического нитрида алюминия в реакциях карботермического восстановления.

Все методы получения высокодисперсных порошков оксида алюминия условно можно разделить на механические (диспергирование), химические и физико-химические. Анализ достоинств и недостатков, указанных получения дисперсного оксида алюминия показал, что по производительности и экономичности наибольшими преимуществами обладают методы механического измельчения. Однако они не позволяют получать порошки с заданными свойствами. Наиболее близко к требуемым по своим характеристикам находятся ультрадисперсные порошки, полученные методом лазерного газофазного осаждения. По производительности и экономичности этот метод намного уступает механическим и поэтому не может также широко использоваться в промышленном производстве.

Таким образом, существующими методами редко удается преодолеть все трудности и получить порошок с заданными свойствами. Если удастся получить порошки необходимых размеров и формы, то не удастся стабилизировать заданную фазу и получить требуемую чистоту продукта. А если удастся получить продукт с требуемым химическим и фазовым составом и малым размером частиц, то не удастся получить сферическую форму. Кроме того, эффективность изготовления требуемых порошков во многом определяется производительностью и экономичностью существующих методов.

С учетом изложенного анализа необходимо разработать новый метод получения дисперсного оксида алюминия, который может совместить достоинства механических методов с лазерным газофазным осаждением.

**Учет факторов производственной среды в ходе
дизайн-проектирования рабочего места оператора**

Якимович Е. Б.

Белорусский национальный технический университет

Поскольку рабочее место – это место человека в системе «человек-машина-среда», то оно является частью рабочей зоны – пространства, оснащенного необходимыми средствами, в котором совершается трудовая деятельность человека. Соответственно, производственная среда включает зоны с местами постоянного или временного пребывания работников. Здесь есть зоны не только для активного труда, но и для отдыха, а также места перемещения между этими зонами.

В соответствии с ГОСТ 20.39.108-85 «Комплексная система общих требований. Требования к эргономике, обитаемости и технической эстетике. Номенклатура и порядок выбора» при дизайн-проектировании рабочих зон необходимо максимально стремиться снизить вредные воздействия на оператора с учетом длительности этих воздействий, а также улучшить восприятие пространства в замкнутом объеме и нейтрализовать неблагоприятные ощущения.

Большое значение в создании комфортных условий имеет цветовое оформление помещений и производственного оборудования. В интерьере недопустимы раздражающие, слишком активные цвета, излишне яркий свет. Доказано, что на глаз человека наиболее благоприятно воздействуют цвета средней части спектра. Белый, разбеленный желтый, светло-бежевый, светло-зеленый оттенки имеют свойство увеличивать продолжительность светлого времени суток. Светло-голубой цвет обладает способностью вызывать ощущение прохлады. При подборе цветов для окраски должны быть учтены такие факторы как климат, расположение по частям света, наличие дополнительной нагрузки на зрение.

«Продлить жизнь» естественного света помогает не только использование искусственного освещения, но и специальные дизайнерские приемы. Благодаря светлым оттенкам можно также оптически увеличить пространство небольшого по площади помещения. Замена внутренних стен на прозрачные перегородки является еще одним приёмом визуального укрупнения и «овоздушивания» пространства. В то же время в ходе дизайн-проектирования должны быть предусмотрены солнцезащитные приспособления, которые помогут устранить слепящее действие света на рабочих местах. Это могут быть светозащитные экраны или пленки, а также различные виды напыления на оконные стёкла.

Использование отходов на шкловской бумажной фабрике

Кузьмич В. В., Карпунин И. И., Савицкий В. А.
Белорусский национальный технический университет

На фильтрах целлюлозно-бумажных предприятий накапливается «скоп», который состоит из целлюлозных волокон, глины, а также различных органических и неорганических веществ в виде примесей. Согласно литературных источников в скопе содержится около 50% волокнистой массы, которая состоит в основном из целлюлозного волокна а остальную минеральную часть представляет каолин. При этом на Шкловской бумажной фабрике скоп не используется., а он поступает в отвалы, что требует затрат для его транспортировки. В результате значительная часть площадей загрязняется агрессивными стоками. Однако «скоп» может являться сырьём для изготовления строительных материалов. Например, плит, несъёмной опалубки на основе скопа и портландцемента также жестких теплоизоляционных плит из скопа с наполнителем..

В литературе имеются данные при использовании лабораторного аэродинамического диспергатора возможно получение при использовании древесных отходов и скопа строительных материалов, а также решение вопроса эффективного использования отходов окорки древесины в качестве топлива. При этом аэродинамический диспергатор имеет преимущество перед барабанными сушилками и сушилок с «кипящим» слоем. Они имеют малую металлоёмкость, меньшие габариты и высокую производительность. Существенным же недостатком «скопа» является его высокая влажность (около 100%), что требует значительных затрат для производства строительных материалов. Однако, разработка перспективного способа сушки материалов токами высокой частоты позволит при горячем прессовании разработать технологический процесс производства таких изделий.

Следует также, при производстве строительных материалов, используя в основном «скоп», использовать к нему добавки. К таким добавкам следует отнести, например, перлит, опилки, антисептики и др. В результате можно получать строительные материалы достаточной прочностью (от 1 до 10МПа). Скоп можно также использовать при получении керамического кирпича, обладающего вполне удовлетворительными эксплуатационными свойствами. В результате получается керамический материал с пористой структурой. Однако, для выяснения всех преимуществ и недостатков получаемого такого строительного материала с введением скопа требуется проведение основательных исследований и апробация способа в производственных условиях.

**Оборудование
предприятий торговли,
общественного питания
и пищевой промышленности**

Goat milk yogurt fortified with industrial tomato waste extract

Cristina Popovici, Technical University of Moldova
Anatoli Cartasev,
Laboratory of Food Biotechnology, SPIHFT, Moldova

Goat milk has a promising source of protein, vitamins, minerals and fatty acids. Goat milk has better digestibility, reduced allergenicity, due to the low content of lactose. Fermented dairy products have delicious sensory properties, fine consistency and pleasant specific taste. Especially fermented goat milk products have significant commercial potential, large destination and multiple health benefits for population. Considering the importance of fermented dairy products from goat milk, which are in demand on internal and external markets, elaboration of the technological process for manufacturing of the products is necessary. In this study, the antioxidant activity of the tomato waste extract was determined, which was 87.5%. The interaction between the extract and the free radical DPPH was also analyzed. The chemical composition of the goat milk sample was determined, namely, the protein content is 3.35 g / 100 g, the fat content is 1.5 g / 100 g, the lactose content is 4.52 g / 100 g and the ash is 0.8 g / 100 g. Formulations and technology of goat milk yoghurt production with the introduction of tomato waste extract and flavoring food ingredients such as apple paste, prunes, cinnamon, vanilla, sugar have been developed. The organoleptic properties of the obtained yoghurt samples were evaluated, which showed that yoghurt from goat milk with addition of sugar and vanilla, apple paste and prunes possesses the most pleasant flavor properties. The chemical composition of the yogurt was determined, namely the protein content was 2.5 g / 100 g, fat 1.5 g / 100 g and ash 0.7 g / 100 g. In this study goat milk was analyzed for chemical composition. The research also includes recipes and technological schemes developed for the production of yoghurts from goat milk with increased nutritional value due to the introduction of industrial tomato waste CO₂ - extract containing such antioxidants as beta-carotene, lycopene and tocopherol. The antioxidant activity of the extract was determined by the DPPH free radical method. The obtained yoghurts were analyzed in terms of chemical composition and organoleptical properties.

Investigation of the appliance of the alternating impulses of pressure for water solutions treatment

Dubovkina I. A.

Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine

During the past decade, there has been considerable investigation of the many alternative technological methods of treatment liquids. Innovative technological methods of treatment liquids are characterized by high quality of the end-products, short duration of the treatment, low energy consumption, low outlay. There are many methods for water treatment to obtain water solutions with necessary physico-chemical properties which require for the technologies. Alternating impulses of pressure is a physical method which is used for treatment of water and water solutions; it realizes hydrodynamic effects which can power structural transformations in water solutions on a micro level and gives opportunity to begin physical and chemical transformations in these complex systems. In pure clean water and in the watery solutions there is a continuous volume grid of hydrogen bonds, it proves to be true many researches and mathematical and numerical experiments. Water and water solutions are metastable systems which have a definite structural association and configuration. It is an open system, which can exchange energy and substance with environment. Its properties and parameters depend on many factors which are not enough studied.

The purpose of this scientific investigation is to study physical and chemical parameters and properties of water and water solutions after treatment by alternating impulses of pressure.

General scientific methods and special methods were used for the analyzing of the results of research work. Distilled water, pure water, water solutions of hydrated lime slurry, hydroponic solutions, water-ethanol mixtures in a wide range of concentration (perc. of ethanol was varied from 10 to 80%) were used for experiments as model systems.

It was established that appliance of the alternating impulses of pressure for water solutions treatment give possibility to decrease redox on 20-70%, to increase pH on 13-17%, to decrease mass of the dissolved oxygen on 50-55%.

Investigational studies have shown that water treatment by alternating impulses of pressure may be suitable for many technologies in food industry, such as: production of sugar from sugar beets, growing crops in recirculation hydroponics systems in greenhouses, production of alcoholic beverages etc.

Improving the technology of cooked sausages using protein-mineral-hydrocarbon additive

Lyudmyla Peshuk, Oleg Halenko,
National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine,

Due to the catastrophic deficiency of animal protein in the world, it is relevant to use defective vegetable protein and supplements that are a combination of plant and animal protein. The main task of using such mixtures is to optimize the composition of the finished product with maximum technological and economic effect. This can be achieved by replacing certain components in the formulation with other high functional properties.

We explored mechanically separated poultry meat, boiled sausage with the addition of flour protein concentrate (FPC), hydrated soya protein, animal protein, serum protein, and developed protein-mineral-hydrocarbon additive.

It were used used methods of mathematical modeling of finished product formulations, experimental methods of chemical composition, physical and chemical parameters of a product.

Boiled sausage with a protein-mineral-hydrocarbon additive has higher consumer properties compared to control samples.

The moisture content of minced meat which has been added to the chitosan, namely the soy protein, animal protein, serum protein, FPC, and PMHA, increases by 10-15%, which enables to increase the yield of the finished product and plan the product properties after the completion of the technological stages of production.

Our studies of moisture content have shown that, that the addition of PMHA in the amount of 10% in hydrated state positively affects the technological properties, it provides support for moisture, fat during the heat treatment process, which is important when used in the technology of boiled smoked products

This suggests that boiled sausage with mechanically separated poultry meat and protein-mineral-hydrocarbon additi has a well-balanced composition, it has high consumer properties and can be attributed to complete nutrition by content of essential amino acids.

Improving the process of long products cutting by disc knife

¹Oleksii Gubenia, ¹Volodymyr Telychkun, ²S²tanka Damianova

¹National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

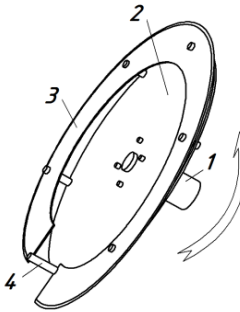
²Ruse University "Angel Kanchev", branch Razgrad, Bulgaria

Improving the process performed on the basis of the analysis of contemporary articles from scientific journals and patents that belong to the world's leading producers of cutting equipment.

There are several types of cutting devices with circular knives for cutting long food. For slicing baguettes using a device with a planetary motion disk blade. Disadvantage - a complex structure of the planetary gear.

For gastronomic products is used the cutting equipment in which coulters has a round shape which is attached to movable or immovable axis and supply of the product by hand or by additional mechanisms. The disadvantage is manual product feeding or the need for feeder, insufficient safety.

The cutting mechanism for cutting long rusks products, which consists of a table that provides vibrational motion-arms, which fixed band saw. The disadvantage is the need for a device for supplying the product. The product moves in curvilinear cutting zone, and the surface is uneven cut.



Spiral knife:

1 - shaft, 2 - drive, 3 - cutting edge, 4 - finger

A common disadvantage of these designs - the product is deformed when cutting without stopping during the passage of the knife and knife between surfaces and the product arise efforts friction and adhesion to overcome them consumes additional energy product on the cut surface is ground, destroyed and formed crumbs.

To address the shortcomings proposes to improve the design of disk knife. Knife has a variable diameter, minimum diameter is equal to the height difference of the product is cut and made in the form of one or more spirals, axial displacement which the plane of rotation of the disk equal to the thickness of a piece of the product. It allows to capture product that is cut while moving and slicing it. Design simplifies by eliminating the feeding mechanisms or similar product manual operations. The product is moved to the feeding direction simultaneously with the cutting edge without interruption and product is not deformed during the passage of the knife.

УДК 336.368

Методология исследование конкурентоспособности страхового рынка на основе анализа территориальных показателей

Ширинян Л. В., Арич М. И.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Анализ конкурентоспособности страхового рынка по территориальным (географическим) показателями проведено используя перечень показателей: показатель плотности страховщиков для определения количества компаний на одного человека; открытость страхового рынка; проникновения и емкость страховых услуг; плотность страховых компаний и тому подобное.

В течение 2012-2016 годов значение емкости страхового рынка по показателям чистых премий, валовых премий и чистого дохода колебались в пределах 0,9-2,0%. Исследование плотности страховщиков в Украине в последние годы в разрезе «life» и «non-life», а также в целом, показывает уменьшение плотности страховых компаний. Такая ситуация вызвана особенностями регулирования и установлением новых более жестких требований к страховщикам. Уменьшение количества страховых компаний ведет к снижению уровня конкуренции на рынке, от чего, конечно, проигрывают потребители страховых услуг.

Результаты исследования получены в рамках госбюджетной темы НИР кафедры финансов Национального университета пищевых технологий «Комплексная оценка и пути повышения конкурентоспособности страхового рынка Украины в контексте европейской интеграции» (номер государственной регистрации 0117U001246, приказ МОН №198 от 10.02.2017, срок выполнения 2017-2020 гг.

Руководитель проекта - д.э.н., проф. Ширинян Л. В.

Использование метода спектрального анализа для обоснованного выбора оборудования для формования котлетных изделий

Васильков В.В., Чепелюк О. М., Чепелюк О. О.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Выбор оборудования для предприятий малой мощности, а также заведений общественного питания требует обоснованного подхода и комплексной оценки, чтобы на малой площади с минимальными затратами обеспечить выпуск качественной разнообразной продукции. Одним из ученых, которые активно внедряют графические и количественные методы подбора оборудования, является Орлов В.В.

Поставленная задача выбора оптимального варианта машины для формования котлетных изделий малой мощности решена методом спектрального анализа, который базируется на аппарате тупиковых тестов. Решение многокритериальной задачи оценки и выбора наилучшего варианта предусматривает замену вариантов сравниваемой системы их моделям. Степень сходства объектов исчисляется сопоставлением всех возможных (или определенных) сочетаний признаков, входящих в описание объекта.

Для восьми вариантов оборудования разных производителей (ABM F-2000, Laminerva C/E 653 1ph, PLANUS, FORMATIC R3000, AK2M-40-Y, ИПКС – 123, Gaser A-2000, GPM AK-MR 400) выполнена комплексная оценка технических характеристик – производительности, мощности, вместимости загрузочного бункера, габаритов оборудования и его массы.

В ходе выполнения работы построены матрица принятия решений, матрица решений и спектральная матрица, где в строках представлены марки рассматриваемого оборудования, а в столбцах – их технические характеристики. С учетом нагрузок по строкам и столбцам определена весовая характеристика объектов. При решении выполнено две итерации, итерационный процесс сходится к величинам граничных нагрузок. Установлено, что наилучшая комплексная оценка, равная 1, характерна для итальянской машины Laminerva C/E 653 1ph.

Метод спектрального анализа целесообразно использовать при выборе технологического оборудования в ходе компоновки или усовершенствования линий, реконструкции цехов и участков, выборе направлений инвестиционных вложений. Лучшим из рассмотренных является аппаратное решение машины Laminerva C/E 653 1ph итальянской компании.

Сравнение процессов маслообразования в линиях разного типа

Гера В. М., Соколенко А. И.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

В молочной промышленности применяются разные методы производства сливочного масла. Несмотря на производство качественной продукции, сами процессы изучены недостаточно глубоко.

Существуют два основных метода производства сливочного масла: метод взбивания сливок и метод преобразования высокожирных сливок.

При производстве масла первым методом сливки пастеризуют, проходят физическое созревание, нормализацию, взбивание. В основу метода легли теории: обращения фаз, пенная теория О. Рана, коллоидно-химическая теория М.М. Казанского, гидродинамическая теория, квантанционная теория В.Д. Суркова, теория А. Поккельс, флотационная теория.

Бывают маслоизготовители периодического и непрерывного действия. Маслоизготовители периодического действия бывают безвальцовыми и вальцовыми (цилиндрическая, коническая, грушевидная, кубическая формы). Маслоизготовители непрерывного действия представляют собой взбиватель, шнеки, устройства для промывки и посола. Бесспорным преимуществом метода есть то, что масло можно сразу направлять на фасовку. Недостатки метода: затраты площадей и времени на созревание сливок, ввод воздуха в продукт, сложность контроля содержания влаги, небольшой ассортимент готовой продукции.

Эти недостатки частично или полностью решает метод преобразования высокожирных сливок. В основу метода легли работы С.С. Гуляй-Зайцева, Г.В. Твердохлеб, К.С. Агиенка. Суть метода заключается в повторной сепарации сливок до жирности 72-83%, нормализации и преобразовании прямой эмульсии «жир в воде» в обратную эмульсию с образованием коллоидных связей. Маслообразование происходит в установках цилиндрического, пластинчатого типа или вакуум-маслообразователях. Главный недостаток метода – низкая степень кристаллизации глицеридов в продукте на выходе и большие затраты энергии на производство.

Для производств с большим объемом и ассортиментом продукции рекомендуется метод преобразования высокожирных сливок.

Сверхтонкое измельчение компонентов фармацевтических и косметических препаратов на бисерной мельнице

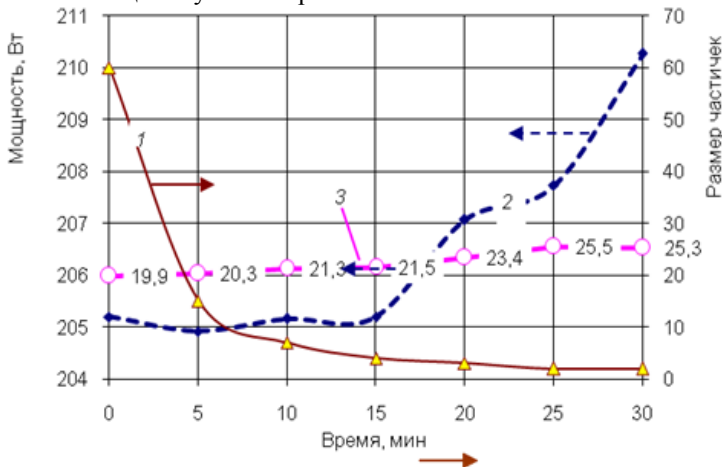
Грининг К. Р.¹, Губеня О. О.¹, Димитров Ц.²,

¹ Национальный университет пищевых технологий, г.Киев, Украина

² Русенский университет «Ангел Канчев», филиал Разград, Болгария

Проведены исследования для определения влияния времени мокрого измельчения сыпучих компонентов косметических и фармацевтических препаратов в бисерных мельницах на размер частичек, затраты энергии и температуру продукта.

Измельчали суспензию, состоящую из хинокридонового красного и фармацевтического вазелинового масла. Показатели температуры суспензии измеряли пирометром, размер частиц - гриндометром, мощность фиксировали с помощью мультиметра.



Изменение параметров процесса сверхтонкого измельчения:

1 – размер частиц, мкм; 2 – мощность, Вт; 3 – температура суспензии, °С.

При уменьшении размера частиц увеличивается мощность и температура суспензии, что можно объяснить увеличением новообразованной площади измельчаемого материала.

Полученные данные имеют практическую ценность, и может применяться для дальнейшего изучения понимания процесса сверхтонкого измельчения и модернизации конструкции бисерных мельниц.

Использование нативных крахмалов в пищевой промышленности

Заболотец А. А., Ермаков А. И.

Белорусский национальный технический университет

Крахмалы широко используются во многих отраслях пищевой промышленности: кондитерской, хлебопекарной, консервной, пищекокцентратной и т.д.

Основной задачей для пищевой промышленности является снижение содержания жира и сахаров в пищевых продуктах, сохраняя при этом их органолептические свойства и текстуру. Снижение содержания сахара очень желательно в борьбе с ожирением. Нативный крахмал различного ботанического происхождения широко используется для получения композиций пищевого продукта с непрерывной водной фазой, например при производстве различных начинок, джемовых покрытий или в некоторых фруктовых композициях.

В качестве основного сырья при получении крахмала и крахмал-продуктов используют картофель, кукурузу, пшеницу, рожь и др. При разработке современных технологий глубокой переработки растительного крахмалосодержащего сырья важнейшим аспектом является изучение размеров и морфологической структуры крахмальных зерен.

Анализ особенностей строения нативного крахмала показал, что основной структурной характеристикой строения нативного крахмала, обуславливающей его свойства, является крахмальная гранула.

Нами предлагается для осуществления тонкого регулирования физико-химических свойств нативного крахмала без использования модифицирующих (химических) факторов проводить более глубокую переработку растительного крахмалосодержащего сырья дополнительно включив в технологическую схему получения нативного крахмала технологическую стадию разделения крахмальных гранул на фракции по размеру.

Распределение размера частиц нативного крахмала от 5 мкм до 45 мкм является идеальным для использования в композициях пищевого продукта с непрерывной водной фазой, в частности при производстве различных начинок, джемовых покрытий или в некоторых фруктовых композициях.

Предложенная технологическая схема разделения крахмальных гранул нативного крахмала на фракции в соответствии с их размерами позволит получить конечный продукт с определенными физико-химическими свойствами без использования модифицирующих (химических) факторов.

Инфракрасный нагрев реструктурированных мясных полуфабрикатов в аппарате с верхним энергоподводом

Кирик И. М., Кирик А. В.

Могилевский государственный университет продовольствия

Основным фактором, обуславливающих применение инфракрасных лучей для термообработки, является способность их проникать в продукт на определенную глубину, воздействовать на его молекулярную структуру, в связи с чем быстро возрастает температура не только на поверхности, но и внутри изделий. Данный метод значительно снижает влияние теплопроводности нагреваемых тел, что обуславливает интенсификацию процесса по сравнению с традиционными способами термообработки, сокращает время и удельный расход энергии.

Объекты исследований – мясные и куриные рубленые изделия в форме шара. Нами проведены исследования процесса их термообработки в аппарате ИК-нагрева с верхним расположением излучателей, получены зависимости, описывающие процесс нагрева при различной плотности теплового потока и представлены в таблице – Результаты исследований

Объект исследований	Плотность теплового потока, Вт/м ²	Расчетная зависимость
Изделия из мясного фарша	$2,76 \cdot 10^4$	$\theta = 2,0 \cdot e^{-6,7 \cdot F_0}$
	$3,2 \cdot 10^4$	$\theta = 2,39 \cdot e^{-8,5 \cdot F_0}$
	$4,39 \cdot 10^4$	$\theta = 2,74 \cdot e^{-10,6 \cdot F_0}$
	$4,85 \cdot 10^4$	$\theta = 2,9 \cdot e^{-10,8 \cdot F_0}$
Изделия из куриного фарша	$4,39 \cdot 10^4$	$\theta = 6,6 \cdot e^{-23,2 \cdot F_0}$
	$4,85 \cdot 10^4$	$\theta = 8,5 \cdot e^{-31,4 \cdot F_0}$
	$5,53 \cdot 10^4$	$\theta = 3,0 \cdot e^{-18,2 \cdot F_0}$

Здесь θ – безразмерная температура, определяемая как:

$$\theta = \frac{100-t}{100-t_0},$$

где t – температура продукта в момент времени τ , °С; t_0 – начальная температура продукта, °С; F_0 – число Фурье.

Полученные зависимости рекомендуются для инженерных расчетов при определении необходимого времени до достижения температуры кулинарной готовности реструктурированных мясных полуфабрикатов в форме шара при $F_0 \geq 0,2$.

**Пути модернизации тестоделительных машин
с лопастным нагнетанием**

Литовченко И. Н.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

В хлебопекарном производстве используются тестоделители различной конструкции. Все они делят тесто на куски пообъемным принципом и отличаются друг от друга по способу нагнетания теста и отмеривания объема. Наиболее распространены в отрасли тестоделители с лопастным нагнетанием. Основным качественным показателем работы тестоделительных машин является точность деления тестовой заготовки.

В ходе исследования было выявлено, что известная тестоделительная машина А2-ХТН [1] имеет определенные недостатки: нагнетание теста в делительную головку происходит под значительным избыточным давлением, которое тратится на заполнение мерной камеры тестом и передвижение поршня. Избыточное давление негативно влияет на реологические и технологические свойства хлебного теста. Для создания большого избыточного давления расходуется много энергии.

Задача снижения давления нагнетания теста решается тем, что изменяется конструкция делительной головки, а именно она оборудуется собственным механическим приводом движения поршня. Поршень движется согласованно с устройством нагнетания теста в соответствии с циклограммы процесса деления.

Как вариант технического решения дополнительно присоединяется к поршню шток, на конце которого находится кулачок, который в свою очередь контактирует с неподвижной направляющей. Принцип работы заключается в том, что, поршень отодвигается принудительно с помощью кулачка, образуя за собой разрежение и всасывая тесто. Это обеспечивает подачу теста в делительную головку при незначительном давлении нагнетания.

Таким образом, решаются несколько проблем. Во-первых, тесто поступает в мерный карман без разрушения клейковинного каркаса. Во-вторых, отпадает необходимость в значительном давлении, которое создает лопастная система нагнетания.

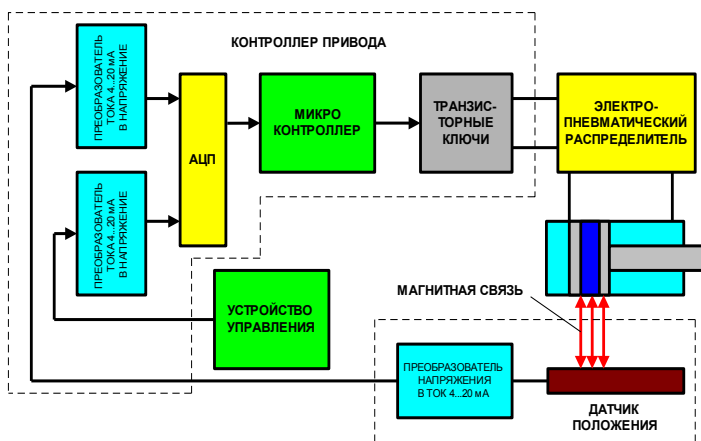
Функциональные возможности промышленных регулирующих клапанов на станции дефекосатурации

Володин С. А., Мирончук В. Г.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Использование автоматических промышленных регулирующих клапанов позволяет выдерживать в заданном режиме ведение технологического процесса на станции дефекосатурации.

С помощью следящего привода клапаны поддерживают контур автоматического регулирования (рисунок).



Принципиальная схема экспериментальной установки с применением следящего привода регулирующего клапана

Устройство управления уровнем жидкости на основании полученного рассогласования управляющего воздействия и сигнала от датчика уровня жидкости, формирует воздействие, поступающее на вход устройства управления пневмоприводом.

При выборе типоразмера клапана по уравнениям расходных и пропускных характеристик, работа клапана рассматривается отдельно от работы системы регулирования. Экспериментально исследовано поведение объекта с регулирующим органом для определения типоразмера клапана.

Оптимизация формирования дозы жидкой продукции весовыми дозаторами

Михайлик Б. В., Гавва А. Н.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Актуальным вопросом упаковочной индустрии являются обеспечение высокой точности дозирования продукции [1]. Благодаря активному развитию вычислительной техники, весовое дозирование становится перспективным направлением.

В ходе определения рационального закона формирования дозы, была принята модель потребительской тары в виде бутылки. С учетом её геометрических размеров записана система уравнений, что описывает процесс дозирования. Дозирование проводится в 4 этапа. В каждом последующем этапе пропускная способность клапана уменьшается. Полученные данные, которые описывают процесс напоя тары, были аппроксимированы с помощью тригонометрической функции. Производная данной функции характеризует увеличение количества продукции в каждый отдельно взятый момент времени.

В работе рассмотрены несколько конструктивных исполнений клапанов, такие как: конический; сферический, с насадкой, повторяющей форму клапана; сферический, с насадкой, не повторяющей форму клапана; цилиндрической форм. Проведенные расчеты дали возможность получить функции изменения площади поперечного сечения клапана, от вертикальной координаты положения, которые в свою очередь были привязаны к найденному закону прироста продукции в отдельный момент времени. Решив данные уравнения относительно координаты вертикального положения клапана h получено функцию положения клапана в каждый момент времени процесса наполнения, первая производная которой характеризует скорость, а вторая ускорение клапана.

Для реализации полученных зависимостей выполнен синтез пневматического привода [2]. Так как закон движения описывает постепенное уменьшение пропускной способности, дросселирование проводится только на штоковой полости. Определена эффективная площадь дросселирования для каждой формы рассмотренных клапанов.

**Приемы снижения эксплуатационных рисков
при работе металлических объектов**

Чигринова Н. М., Воронец О. Н., Власенко О.
Белорусский национальный технический университет

Особого внимания при эксплуатации металлических объектов заслуживает возможность повышения их сопротивления абразивному и коррозионному изнашиванию путем формирования на рабочих поверхностях защитных покрытий. В качестве основного метода создания такой защиты авторы разработали основы комбинированного решения, совмещающего возможности технологии ЭИЛ с УЗВ и последующей аддитивной обработки с помощью 3D-печати [1–3]. Цель такой технологии – реализация требуемых показателей износо-, коррозионной стойкости и необходимого уровня антифрикционных свойств. При этом отмечается что реализация указанной комбинированной технологии возможна прямо в «полевых» условиях.

Авторы подчеркивают, что формирование высокоадгезионных композиционных покрытий на основе материалов с резко различающимися физико-механическими характеристиками, таких, как металл и полимер, весьма проблематично, в связи чем требуется выбрать оптимальный метод нанесения и закрепления полимерного слоя на металлическую основу покрытия, полученного в процессе ЭИЛ с УЗВ.

Анализ существующих сегодня возможностей трехмерного моделирования показал, что для нанесения высокоадгезионного полимерного покрытия на профилированную поверхность электроискрового покрытия целесообразно использовать метод гибридного моделирования, позволяющего сочетать каркасную, поверхностную и твердотельную геометрию и использовать комбинации жестко размерного и параметрического моделирования.

На взгляд авторов, применение комбинированной технологии, сочетающей мобильный, компактный, малоэнергоёмкий и простой в эксплуатации метод ЭИЛ с УЗВ с возможностями аддитивной обработки с помощью 3D-печати, может стать весьма эффективным решением острых проблем, возникающих при эксплуатации большинства металлических объектов.

Как расширить возможности интегральной технологии ЭИЛ с УЗВ?

Чигринова Н. М., Ловыгин С. И., Касач Ю. И.
Белорусский национальный технический университет

Интегральный метод электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием является весьма эффективным методом ремонта и восстановления геометрических размеров жесткодopusных изделий [1]. Однако ареал применимости этой инновационной технологии можно расширить для использования при ремонте и восстановлении геометрии *сильно* изношенных поверхностей. Это может быть достигнуто за счет применения дополнительных приемов, связанных с предварительным электромеханическим воздействием регулируемой интенсивности на металлическую основу, определяемой степенью ее изношенности, и изменяющим ее напряженно-механическое состояние, с последующим формированием покрытий увеличенной толщины и сплошности за счет применения форсированных режимов комбинированного электроискрового и ультразвукового воздействия, сопровождаемого оплавлением рельефа поверхности создаваемых покрытий. Выбор диапазона режимов в фазе формирования толстого покрытия методом ЭИЛ с УЗВ обусловлен необходимостью обеспечения эрозии материала анода преимущественно в жидкокапельной фазе с уменьшением содержания в продуктах эрозии паровой фазы, распыляющей жидко-капельный продукт эрозии и провоцирующей сокращение количества материала анода, оседающего на поверхность катода, уменьшая тем самым конечную толщину покрытия.

Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что в металлической основе после предложенного ЭИЛ+УЗВ воздействия на форсированных режимах изменение уровня внутренних напряжений по сравнению с этим параметром в исходном материале увеличилось в 1.1 раза, но снизилось по сравнению с типовой обработкой ЭИЛ в 1.5 раза. При этом установлено, что чем мягче материал анода, тем сильнее влияние УЗВ на его кристаллическую структуру и уровень внутренних напряжений. Показано, что использование УЗВ *после* завершения ЭИЛ увеличивает массу покрытия в 1,25 раза, что связано с уплотнением структуры покрытия вследствие высокочастотных механических ударов электрода-анода по подложке [2]. Зафиксирован значительный прирост толщины покрытия со сниженной шероховатостью при многократном воздействии ЭИЛ с УЗВ в выбранном диапазоне режимов обработки.

Health benefits of dairy free milk from *Juglansregia L.*

Cristina Popovici, Alexei Baerle, Pavel Tatarov
Technical University of Moldova

In the last few years, the population ratio demanding vegetable-based products is growing, either because of the increasing problems related with the intolerances to cow milk or because of changes in the food preferences. Dairy-free milks are finding an audience in Europe, despite consumption still ranking well below the US. The market has increasingly benefited in recent years from the perceived health and taste benefits of non-dairy products. Nut milk is an useful beverage for patients with lactose intolerance, celiac disease, as well as vegans. In addition, nut milk is a source of aminoacids, vitamins and minerals complex. Current research is devoted to study different types of vegetable milk, walnut milk in particular as well as its biochemical and physico-chemical properties. In this paper as components for obtaining experimental samples of vegetable milk walnuts were used. The technology of walnut milk included following main steps: primary walnut preparation, extraction procedure and homogenization. Standard methods of analysis have been applied for evaluation of walnut milk chemical composition, basic quality properties as well as microstructure and rheological behavior. Study gives a detailed analysis of the fatty acid composition of the product by GC-chromatography; 20 fatty acids were found. The highest content is in the mono- and polyunsaturated fatty acids, namely the linoleic, linolenic and arachidonic acids, which are of great nutritive and biological value. Analysis of walnut milk microstructure showed that dimensions of oil drops in walnut milk are distributed in normal mode, the major part of oil volume is formed by drops with an average diameter of 2.70 microns. These results showed high potential and positive view on walnut milk production, in agreement with the current demand of healthy products.

Influence of working members of various configurations on the process of mixing yeast dough

Vitalii Rachok, Volodymyr Telychkun, Yuliia Telychkun,
National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

There was investigated the influence of the geometric parameters of the main working elements on the intensity and quality of the mixing of the yeast dough.

There was researched the wheat yeast dough, which was mixed by a machine of continuous action using screw, cam and pin work elements. The structural and mechanical properties of the dough were determined by viscosimetry. The porosity of the finished product was determined by analyzing the look of the cut of the finished product and the ImageJ special software package.

With an increase of indicators of the rate of displacement from 0 to 100 s⁻¹, a prompt jump in the bias voltage from 2000 to 6800 Pa occurs, then slowly increases to 6950 Pa in the range of the shift rate from 100 to 800 s⁻¹. As the displacement rate increases from 0 to 800 s⁻¹, the viscosity decreases with degree dependence.

Indicators of the cost of specific work during the mixing of the yeast dough by working elements of various configurations for the parameter of stabilizing grating 2,5%, reach 22-37 J/g.

The intensity of mixing the dough depends on the design of the dough mixing machine, the rotational speed of the mixing element and its configuration. Screw working elements are very intense, intensity indicators range from 0.07 to 0.12 W/g.

The porosity of the bread product after kneading by cam element is 72% and is a high indicator of the product.

It is confirmed the positive effect of enhanced machine processing by cam and screw working elements during the process of mixing the yeast dough. Pin working elements can be used in combination with a screw element at the beginning of the shaft. A comparative analysis confirms the expediency of using cam-shaped working elements.

**Влияние параметров лазерной обработки
на состав оплавленных покрытий**

Дьяченко О. В., Кардаполова М. А.
Белорусский национальный технический университет

Самофлюсующийся сплав на основе железа системы Fe-Cr-B-Si представляет собой многокомпонентную систему, чувствительную к условиям нагрева [1].

Целью работы являлся изучение влияния параметров лазерной обработки на химический состав полученных покрытий.

Проводили оплавление лазерным лучом покрытия на основе железа на двух режимах (I) $V_1 = 0,83 \cdot 10^{-3}$ м/с, $d_1 = 1,0 \cdot 10^{-3}$ м, и $k_1 = 0,8$ и (II) $V_2 = 5 \cdot 10^{-3}$ м/с, $d_1 = 1,0 \cdot 10^{-3}$ м, и $k_1 = 0,8$. На рентгеновском микроскопе МРЭМ-200 проведен точечный микрорентгеноспектральный анализ.

При использовании режима I преобладающая структура – мелкие дендриты, ориентированные в направлении теплоотода. При втором режиме (II) структура представила собой пересыщенный твердый раствор с вкраплениями карбидов и боридов.

Измерения проведены по телу дендрита и в междендритном пространстве.

По результатам исследования получено, что дендриты обогащены хромом. Дендриты первого порядка максимально обогащены хромом 3,18–3,98 %. Дендриты второго порядка менее обогащены легирующими веществами, в частности, хромом 3,28 %. Микротвердость дендритов составила 9,5–10,1 ГПа. В междендритной области количество V и Cr свидетельствовало о смеси фаз, в том числе, боридов и карбидов хрома и ванадия; причем хрома, кремния, марганца и ванадия несколько меньше, чем в дендритной.

В пересыщенной карбидоборидной фазе наблюдалось резкое, в 1,5 раза повышение содержания хрома и снижение ~ в 2,5–2,7 раза кремния. Микротвердость данной фазы возросла до 11,04–15,45 ГПа. В твердом растворе содержание хрома ниже и составила 3,04–4,12 %, а содержание кремния также снизилось до 0,87–1,23 %, что и привело к уменьшению микротвердости до 6,77–7,95 ГПа.

Параметры лазерной обработки сыграли существенную роль в изменении химического состава получаемых покрытий. С увеличением скорости луча лазера в покрытии повышается содержание хрома и снижается кремния. Микротвердость при этом увеличивается.

УДК 378.014(072.8)

**Учебно-методический комплекс по инженерной графике
на компьютере**

Сторожилов А. И.

Белорусский национальный технический университет

Многолетний опыт обучения студентов и преподавателей компьютерному моделированию в инженерной графике, позволил создать основу электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК), направленного на изучение основ инженерной графики с использованием компьютера [1].

Использование современной технологии автоматизированного проектирования в учебном процессе направлено не только на разработку чертежей и решение геометрических задач, не только на использование компьютера как новое средство, инструмент черчения, но и на изучение новых методов решения задач на основе трехмерного моделирования.

ЭУМК содержит все необходимые разделы:

- учебные программы по 7 различным специальностям подготовки;
- теоретический материал в соответствии с традиционными и новыми методами решения геометрических задач;
- лабораторный практикум (в 2 частях) с вариантами заданий и подробным рассмотрением методов их решения;
- средства контроля;
- приложения в виде презентаций, отдельных слайдов, видеороликов, фильмов и др. современных средств обучения, используемых как на лекциях, так и практических занятиях.

Использование ЭУМК способствует повышению заинтересованности студентов в изучении инженерной графики, усилению познавательной активности, выводит их на качественно новый, современный уровень подготовки.

ЭУМК рассчитан на использование студентами как в учебном процессе очной формы получения образования, так на самостоятельное изучение. Может быть использован преподавателями, специалистами, аспирантами.

**Закономерности и особенности анодного микродугового оксидирования
алюминиевых и магниевых сплавов в различных электролитах**

¹Воробьева Е. И., Левкович М. А.

¹Научный руководитель – Чигринова Н.М.

Белорусский национальный технический университет

После проведения пилотных экспериментов по изучению особенностей формирования функциональных покрытий на поверхности алюминиевых и магниевых сплавов с применением энергии микроплазмы были сделаны следующие выводы:

1) катализатором процесса АМДО для магниевых сплавов являются фториды металлов. С добавлением фторидов в типовые для алюминиевых сплавов электролиты получаемые плёнки на поверхности магниевых сплавов являются более мелкокристаллическими с большим количеством более мелких пор;

2) АМДО магниевых сплавов в диапазоне электрических параметров, оптимальных для АМДО алюминия, нецелесообразно, т.к. процесс искрения, ответственный за образование и рост работоспособного, с высокой адгезией оксидного слоя, быстро переходит в дуговую фазу, вызывающую реактивный рост покрытия и его отделение от обрабатываемого материала. Экспериментально установлено, что энергоёмкость получения одной и той же толщины покрытия на магниевых сплавах при заданной плотности тока существенно меньше в силикатно-фторидном электролите, чем в щелочно-фосфатном;

3) для протекания процесса формирования микродугового покрытия работоспособной толщины и качества необходимо поддерживать температуру электролита в интервале 10–21°C. С увеличением температуры электролита от 20 до 30°C не происходит рост анодного напряжения. Следовательно, процесс АМДО длительное время не реализуется, что влечет за собой существенное ухудшение качества уже образованного покрытия;

4) для всех видов покрытий на поверхности магниевых сплавов характерны одинаковые особенности структурообразования: наличие тонкого (не более 1–2 мкм) плотного внутреннего подслоя, промежуточного и более толстого с развитой пористостью наружного с включениями соединений легирующих элементов конкретного сплава. Наименьшую шероховатость (R_a 4,5мкм) имеет покрытие, полученное в силикатном электролите с концентрацией фторида аммония $NH_4F = 1,5$ г/л. Средняя твердость покрытий повышается с ростом их толщины при увеличении продолжительности МДО-обработки. Рост толщины покрытий свыше 100 мкм не приводит к уменьшению их сквозной пористости. Для долговременной защиты магниевых сплавов абсолютно необходимым является порозаполнение МДО-покрытий после их формирования.

**Влияние приемов активации процесса АМДО
на особенности массопереноса при формировании покрытия**

¹Воробьева Е. И., Левкович М. А.

¹Научный руководитель – Чигринова Н.М.

Белорусский национальный технический университет

В результате проведенных исследований теоретически обоснованы приемы активации процесса анодного микродугового оксидирования (АМДО) за счет установки дополнительных катодов: разработан алгоритм, описывающий влияние количества и конфигурации дополнительных катодов на особенности массопереноса при АМДО и сформулированы выводы:

1) в процессе АМДО скорость роста толщины оксидно-керамических покрытий как на стадии искрения, так и на стадии появления крупных микродуговых разрядов является в основном функцией не от количества пропущенного электричества, а от его произведения на разницу амплитудного анодного напряжения и напряжения пробоя слабых мест диэлектрического покрытия. Когда очень высокая мощность концентрируется в малом количестве слабых мест диэлектрического покрытия, образуются кратерообразные нарушения сплошности покрытия, и оно становится неравнотолщинным. Происходящие неравномерные изменения состояния поверхностного слоя на различных участках изделия могут служить характеристикой «рассеивающей» способности электролита при МДО-процессе;

2) для равномерного распределения тока на поверхности деталей служат гидродинамические факторы: перемешивание электролитов, растворов; качание, вращение; применение струйных и проточных электролитов. Сочетание перечисленных способов может повысить качество покрытий и интенсифицировать процесс даже в тех случаях, когда электролит имеет низкую рассеивающую способность;

3) исследуя возможность снижения неравномерности МДО-покрытия, предлагается ввести в электролизный процесс дополнительные катоды. Целесообразность такой модернизации определяется тем, что, размещая определенным образом в электролизной ванне дополнительные катоды, можно управлять распределением плотности тока по поверхности изделия, а соответственно и регулировать толщину и структурное состояние формируемого оксидного покрытия.

Решение задачи стабилизации искрения в процессе АМДО за счет размещения в электролизной ванне дополнительных катодов заключается в определении их количества, конфигурации, размеров и мест расположения в пространстве ванны, при которых значение критерия неравномерности распределения толщины МДО-покрытия на аноде, выбранного в качестве критерия оптимизации процесса АМДО, будет минимальным.

Естественные и точные науки

**Математика
и приложения**

**Влияние упруговязкой жидкости на динамику КС
в нестационарном неизотермическом режиме движения**

Воронович Г. К., Мартыненко И. М. (БНТУ), Коробко Е. В. (ИТМО НАНБ)

Виброзащита высокоточного оборудования – актуальная задача улучшения их эксплуатационных характеристик. Использование в качестве демпфера электрореологических (ЭРС) и магнитогеологических (МРС) суспензий может существенно изменить динамику колебательной системы КС.

В связи с этим был поставлен вопрос об изучении возможностей применения МРС и ЭРС в качестве демпфирующих жидкостей. Они могут менять свои реологические свойства и под воздействием сдвиговых внешних возмущений, и неизотермичности условий эксплуатации, что приводит к изменению их релаксационного спектра. Воздействие поля позволяет изменять реологические характеристики жидкости так, чтобы при этом достичь максимального эффекта гашения вибрационных возмущений.

Такая механическая КС описывается дифференциальным уравнением второго порядка с нелинейными функциями в качестве коэффициентов, описывающих инерционную, вязкостную и упругую составляющих сил воздействия. При описании силы вязкости учитывалась ее зависимость от скорости сдвига, спектра времен релаксации, температурного режима. Учитывалось и воздействие поля в режиме слежения за максимальной величиной отклонения КС от равновесного состояния. Указанные параметры меняли реологию жидкости, а следовательно, и ее способность демпфирования КС. Применен метод температурно-временной суперпозиции для описания изменения реологических особенностей жидкости при нестационарном тепловом режиме внешнего воздействия.

Проведенные расчеты показывают, что при внешнем гармоническом возмущении в Фурье-спектре КС возникают дополнительные гармоники только в дорезонансной области возмущения.

Показана целесообразность применения полечувствительных жидкостей в качестве демпфирующих в тех диапазонах электрических и магнитных полей, где максимально проявляются вязкие свойства жидкостей, что достигается изменением подаваемого внешнего поля в режиме отслеживания динамических характеристик КС при нестационарном режиме движения.

**Приложение классического интегрального преобразования Меллина
к вычислению интегралов**

Гахович А. С.

Белорусский национальный технический университет

Из общей схемы построения интегральных преобразований получена интегральная пара известного классического преобразования Меллина

$$F(S) = \int_0^{+\infty} f(t) t^{S-1} dt \equiv M[f(t)], \quad S = \sigma_0 + i\tau; \quad f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma_0 - i\omega}^{\sigma_0 + i\omega} F(S) t^{-S} dS.$$

В данной работе коснёмся вопроса его приложений к вычислению не-собственных интегралов.

Вычислить интеграл $\int_0^{+\infty} e^{-\frac{t}{\tau}} e^{-\tau} \tau^{-\frac{1}{2}} d\tau$.

Поскольку $f_1(t) * f_2(t) = \int_0^{+\infty} f_1(\tau) f_2\left(\frac{t}{\tau}\right) \frac{d\tau}{\tau}$, то

$$\int_0^{+\infty} e^{-\frac{t}{\tau}} e^{-\tau} \tau^{-\frac{1}{2}} d\tau = \int_0^{+\infty} \left(e^{-\tau} \tau^{\frac{1}{2}} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \frac{d\tau}{\tau} = t^{\frac{1}{2}} e^{-t} * e^{-t}.$$

Так как $e^{-t} \div \Gamma(S)$; $t^{\frac{1}{2}} e^{-t} \div \Gamma\left(S + \frac{1}{2}\right)$, где $\Gamma(S)$ - гамма-функция, то

$$t^{\frac{1}{2}} e^{-t} * e^{-t} \div \Gamma\left(S + \frac{1}{2}\right) \Gamma(S). \quad \text{Из известных соотношений}$$

$$\Gamma(S) \cdot \Gamma\left(S + \frac{1}{2}\right) = 2^{-2S+1} \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \Gamma(2S) \text{ и } 2^{-2S+1} \Gamma(2S) \div f\left(2t^{\frac{1}{2}}\right) \text{ и того факта,}$$

что $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$, получаем $\Gamma(S) \cdot \Gamma\left(S + \frac{1}{2}\right) \div \sqrt{\pi} e^{-2\sqrt{t}}$.

Итак, окончательно имеем: $\int_0^{+\infty} e^{-\frac{t}{\tau}} e^{-\tau} \tau^{-\frac{1}{2}} d\tau = \sqrt{\pi} e^{-2\sqrt{t}}$.

О необходимости некоторых изменений содержания курса математики, изучаемого студентами IT-специальностей в условиях четырехлетнего срока обучения

Грекова А. В.

Белорусский национальный технический университет

В связи с переходом на четырехлетний срок обучения студентов по многим специальностям, в том числе и по IT, возникла необходимость пересмотра содержания курса математики. В новых условиях студент погружается в изучение специальных дисциплин гораздо раньше. Здесь он сталкивается с объектами, имеющими дискретную структуру, в то время как на занятиях по математике идет изучение математического анализа. Изучение анализа бесконечно малых, безусловно, необходимо для формирования математического мышления и представления о математических моделях и способах их исследования, и потому должно быть сохранено. Однако, не менее важным становится и изучение основ дискретного анализа. В первую очередь это комбинаторный анализ, теория чисел, алгебра, теория графов, математическая логика. Конечно, основательное изучение этих разделов было бы весьма полезным, однако и знакомство с началами и основными понятиями и утверждениями значительно облегчило бы понимание специальных дисциплин, упростило бы и сделало более естественным переход к изучению вычислительной математики, теории алгоритмов, теории кодирования и декодирования. Сама дискретная природа объектов позволяет производить изучение этих разделов независимо от разделов, посвященных объектам непрерывной структуры. А, значит, введение изучения основ дискретной математики прежде математического анализа не нарушит логики выстроенного курса. Более того, было бы полезным параллельное изучение классической и дискретной математики, ведь само деление математики достаточно условно, а необходимость исследования моделей, одновременно обладающих как непрерывными, так и дискретными свойствами, возникает часто. Порядок следования разделов, их объем, перечень вводимых понятий и содержание практических заданий может, конечно, варьироваться в зависимости от специальности и выделенного объема учебных часов, но изучение основ так называемой конечной математики, причем на первом курсе, студентами IT-специальностей представляется очевидно необходимым.

**Квази-коллинеарные точки фотолибрации
во втором постньютоновском приближении**

Зубко О. Л.

Белорусский национальный технический университет

В предыдущей работе автора 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, другое тяжелое тело A_2 массой m_2 – темное тело, третье тело A_3 массой m_3 – пробное тело, которое не оказывает влияния на звезду.

Целью настоящей работы является определение положения квази-коллинеарных точек фотолибрации в данной задаче при учете светового давления и следующих релятивистских эффектов: релятивистские изменения массы и миделевого сечения, движущегося относительно неподвижного наблюдателя, тела; эффекты Доплера,.

Уравнение движения пробного тела A_3 в подвижной барицентрической системе координат имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \tilde{x}_3}{dt^2} + \frac{\gamma m_1 (\tilde{x}_3 - x_1)}{\tilde{r}_{13}^3} + \frac{\gamma m_2 (\tilde{x}_3 - x_2)}{\tilde{r}_{23}^3} = \frac{\gamma m_{13}}{\tilde{r}_{13}^3} \left[(\tilde{x}_3 - x_1) \cos \delta + (\tilde{y}_3 - y_1) \sin \delta \right], \\ \frac{d^2 \tilde{y}_3}{dt^2} + \frac{\gamma m_1 (\tilde{y}_3 - y_1)}{\tilde{r}_{13}^3} + \frac{\gamma m_2 (\tilde{y}_3 - y_2)}{\tilde{r}_{23}^3} = \frac{\gamma m_{13}}{\tilde{r}_{13}^3} \left[(\tilde{y}_3 - y_1) \cos \delta - (\tilde{x}_3 - x_1) \sin \delta \right], \end{cases} \quad (1)$$

где $\tilde{r}_{i3} = [(x_3 - x_i)^2 + (y_3 - y_i)^2]^{1/2}$, $i = 1, 2$ – расстояния между телами A_i и A_3 ; $m_{13} = A_3 [1 - 2(v/c) \cos \alpha + 3/2(v/c)^2 \cos^2 \alpha]$; $\sin \delta = (v/c) \sin \alpha + (v^2/2c^2) \sin \alpha \cos \alpha$; $\cos \delta = 1 - (v^2/2c^2) \sin^2 \alpha$, $\alpha = 90^\circ + \beta = \angle(\vec{v}, \vec{r}_3)$, $\beta = \angle(\vec{r}_{13}, \vec{r}_3)$; γ – ньютоновская постоянная тяготения. Величина $A_{13} = k_3 \sigma_3 W r_0^2 / (\gamma m_3 c)$ – редуцирующая масса звезды A_1 , соответствующая частице A_3 .

Решая систему (1) аппроксимационным методом Эйнштейна-Инфельда, получаем квази-коллинеарные точки фотолибрации L_1^{**} , L_2^{**} , L_3^{**} . Положение этих точек в пространстве существенным образом отличается от положения коллинеарных (эйлеровых) точек. При учете данных релятивистских эффектов происходит смещение этих точек вдоль координатных осей. Данное смещение зависит от редуцирующей массы звезды.

Исаченко А. Н.

Белорусский государственный университет

Аксиоматизация матроида может проводиться на основе различных понятий, например в терминах периметров. H -периметр (L -периметр) матроида $M(S)=(S,F)$ есть функция $\gamma_H:2^S \rightarrow N$ ($\gamma_L:2^S \rightarrow N$) со значениями $\gamma_H(A)=\max\{|C| : C \subseteq A, C - \text{цикл}\}$ ($\gamma_L(A)=\min\{|C| : C \subseteq A, C - \text{цикл}\}$), если A зависимое множество, и $\gamma(A)=0$, если $A \in F$ [1-3].

Функция γ_H (γ_L) является функцией H -периметра (L -периметра) некоторого матроида $M(S)$ тогда и только тогда, когда для неё выполняются условия:

1) если $\gamma_H(X) > 0$ ($\gamma_L(X) > 0$), то существует множество $Y \subseteq X$, для которого $\gamma_H(X) = \gamma_H(Y) = |Y|$ ($\gamma_L(X) = \gamma_L(Y) = |Y|$);

2) если $X \supseteq Y$, то $\gamma_H(X) \geq \gamma_H(Y)$ ($\gamma_L(X) \leq \gamma_L(Y)$);

3) если $\gamma_H(X) = |X|$ ($\gamma_L(X) = |X|$), то $\gamma_H(X \setminus x) = 0$ ($\gamma_L(X \setminus x) = 0$) для любого $x \in X$;

4) если $\gamma_H(X) = |X|$ ($\gamma_L(X) = |X|$), $\gamma_H(Y) = |Y|$ ($\gamma_L(Y) = |Y|$), $X \neq Y$, $x \in X \cap Y$, то $\gamma_H((X \cup Y) \setminus x) > 0$ ($\gamma_L((X \cup Y) \setminus x) > 0$).

Припишем каждому элементу $e \in S$ вес $w(e) \geq 0$. Сформулируем задачи нахождения для любого подмножества $A \subseteq S$ цикла $C \subseteq A$ максимального (минимального) веса среди всех циклов с числом элементов, совпадающим с $\gamma_H(A)$ ($\gamma_L(A)$). При $A=S$ задача является задачей коммивояжера на матроиде $M(S)$. Для решения задачи необходимо перейти от исходного матроида к его ограничению на множество A с последующим применением алгоритма решения задачи коммивояжера.

О вычислении минимального расстояния квадратично-вычетных кодов

Королёва М. Н. (БНТУ), Липницкий В. А. (ВА РБ)
Белорусский национальный технический университет

Квадратично-вычетные коды (КВ-коды) весьма перспективны для практических приложений, т.к. имеют большое минимальное расстояние. Теория КВ-кодов, их задание и обработка, строятся на полиномиальном языке. Помехоустойчивое кодирование опирается на теорию конечных полей. Покажем влияние этой теории на исследование и обработку КВ-кодов. Рассмотрим один из формально существующих четырех классов взаимосвязанных двоичных КВ-кодов. **Предложение.** Всякий двоичный КВ-код $C_{q(x)}$ имеет про-

стую длину $n = p = 8k \pm 1$, определен над полем $GF(2^m)$ минимальным расширением поля $Z/2Z$, содержащим все корни p -й степени из 1, является обобщённым БЧХ-кодом, то есть линейным кодом с проверочной матрицей $H = [\beta^i, \beta^{li}, \dots, \beta^{si}]^T$ и с конструктивным расстоянием $\delta = 2t + 1$, где $(p-1)/2 = mt$ и t натуральных чисел $1, 1, \dots, s$ лежат в различных циклотомических классах по модулю p , определяющих всё многообразие квадратичных вычетов; $q(x) = \prod_{i \in Q} (x - \beta^i)$; β - примитивный корень p -ой степени из 1 в поле

$GF(2^m)$; Q - циклическая подгруппа квадратов (квадратичных вычетов по модулю p) мультипликативной группы $GF(p)^*$ порядка $(p-1)/2$, она содержит 1 и 2 и группу $\langle 2 \rangle$ порождённую классом вычетов 2. Минимальное расстояние d КВ-кода $C_{q(x)}$ длиной p удовлетворяет неравенству:

$d \geq \sqrt{p}$. Определение точного значения минимального расстояния КВ-кодов остаётся сложной задачей, не имеющей до настоящего времени полного и точного решения. С XX века сохранился подход, предполагающий переход к расширенному КВ-коду. Расширение получается дополнением проверкой на чётность. Это увеличивает длину кода и его минимальное расстояние на 1, а группу автоморфизмов кода – до группы дробно-линейных преобразований. Тщательные расчеты с этой дробно-линейной группой, изучение её силовских подгрупп позволяют найти точное значение минимального расстояния расширенного КВ-кода. Данное предложение открывает путь к прямым синдромным методам определения минимального расстояния КВ-кодов.

О полунепрерывности наилучших приближений постояннымиКатковская И. Н.¹, Кротов В. Г.²¹ Белорусский национальный технический университет² Белорусский государственный университет

Пусть (X, d, μ) – ограниченное метрическое пространство с метрикой d и борелевской мерой μ . Будем обозначать открыты шар и сферу центром в точке $x \in X$ радиуса $r > 0$ соответственно как

$$B(x, r) = \{y \in X : d(x, r) < r\}, C(x, r) = \{y \in X : d(x, r) = r\}.$$

Если $p > 0$ и функция $f \in L^p(X)$, то для любого шара $B \subset X$ существует такое число $I_B^{(p)} f \in R$, что

$$\inf_{I \in R} \int_B |f(y) - I|^p d\mu(y) = \int_B |f(y) - I_B^{(p)}|^p d\mu(y).$$

При $p > 1$ такое число $I_B^{(p)} f$ единственно. Если же $0 < p \leq 1$ это не так. Множество таких чисел ограничено и замкнуто, поэтому определены следующие величины:

$$m_B^{(p)} f = \inf I_B^{(p)} f, M_B^{(p)} f = \sup I_B^{(p)} f.$$

Из общих теорем многозначного анализа нетрудно вывести измеримость этих наилучших приближений, как функций центра шара. В следующих двух теоремах рассматриваются их свойства полунепрерывности.

Теорема 1. Если $p > 0$, то для любого шара $B \subset X$ 1) функция $f \mapsto m_B^{(p)} f, f \in L^p(B)$, полунепрерывна снизу на $L^p(B)$; 2) функция $f \mapsto M_B^{(p)} f, f \in L^p(B)$, полунепрерывна сверху на $L^p(B)$.

В следующей теореме предполагается выполненным условие удвоение: существует акая постоянная $\alpha_\mu \geq 1$, что

$$\mu(B(x, 2r)) \leq \alpha_\mu \mu(B(x, r)), x \in X, r > 0.$$

Теорема 2. Пусть $p > 0$, $x_0 \in X, r > 0$ и

$$\mu(C(x_0, r)) = 0. \quad (1)$$

Тогда 1) функция $f \mapsto m_{B(x, r)}^{(p)} f, x \in X$, полунепрерывна снизу в точке x_0 ; 2) функция $x \mapsto M_{B(x, r)}^{(p)} f, x \in X$, полунепрерывна сверху в точке x_0 .

Условие (1) в теореме 2 существенно, без него она теряет силу.

**Решение смешанной задачи для уравнения
Пуассона в произвольной области**

Королёва О. М.

Белорусский национальный технический университет

При решении задач в произвольных областях используются обобщенные криволинейные координаты [1].

Пусть преобразование $\xi = \xi(x, y)$, $\eta = \eta(x, y)$ отображает двумерную область Ω_{xy} с произвольной границей $\partial\Omega_{xy}$ в прямоугольник $\Omega_{\xi\eta} = \{(\xi, \eta) : 0 \leq \xi, \eta \leq 1\}$. В пространстве обобщенных криволинейных координат (ξ, η) смешанная задача Дирихле-Неймана имеет следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left(B_{22} \frac{\partial u}{\partial \xi} + B_{21} \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(B_{12} \frac{\partial u}{\partial \xi} + B_{11} \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) = |J^{-1}| f(\xi, \eta), \quad (1)$$

$$B_{22} \frac{\partial u}{\partial \xi} + B_{21} \frac{\partial u}{\partial \eta} = g_{22}^{1/2} \mu(\xi, \eta), \quad (\xi, \eta) \in \Gamma_{1, \xi\eta}, \quad \xi = \text{const}, \quad (2)$$

$$B_{12} \frac{\partial u}{\partial \xi} + B_{11} \frac{\partial u}{\partial \eta} = g_{11}^{1/2} \mu(\xi, \eta), \quad (\xi, \eta) \in \Gamma_{1, \xi\eta}, \quad \eta = \text{const}, \quad (3)$$

$$u(\xi, \eta) = u_0(\xi, \eta), \quad (\xi, \eta) \in \Gamma_{2, \xi\eta}. \quad (4)$$

На равномерной прямоугольной сетке в области $\Omega_{\xi\eta}$ построена разностная схема аппроксимирующая задачу (1)-(4) со вторым порядком. Краевые условия (2)-(3) аппроксимировались с привлечением уравнения (1) на границе, а для (1) использованы аппроксимации эллиптического оператора со смешанными производными [2].

Математическое моделирование привода тормозной системы колесного погрузчика

Лебедев Е. П., Лебедева Г. И.

Белорусский национальный технический университет

Широкое распространение одноковшовые колесные погрузчики получили благодаря их универсальности.

В качестве объектов исследования были выбраны ведущие фирмы таких стран, как США, Япония, Китай, Германия, Великобритания, Польша, Италия и т.д. Были рассмотрены такие компании, как: Caterpillar, Komatsu, Hitachi, Terex, JCB, Mitsuber, XCMG, Liugong и др.

В настоящее время в Беларуси можно отметить значительное увеличение модельного ряда автопогрузчиков. Делается большой акцент на производство автопогрузчиков грузоподъемностью 3-5 и 5-10 тонн. Также в Беларуси производится увеличение модельного ряда высокомоощных погрузчиков с грузоподъемностью 10-15 тонн.

Важное место при проектировании тормозной системы ковшевого погрузчика занимает динамический расчёт данной системы. Динамический расчёт позволяет осуществить выбор параметров гидропривода, обеспечивающих заданное быстродействие при минимальном перерегулировании.

При моделировании работы гидросистема разбивается на контуры и производится моделирование каждого из них. В данном случае наибольший интерес представляет контур работы тормозного цилиндра.

Для составления расчётной схемы на принципиальной схеме выделяют характерные точки, узлы (места подсоединения распределителей, дросселей, разветвления, точки, где учитывается сжимаемость жидкости). На расчётной схеме элементы принципиальной схемы заменяют

Динамическая схема описывается системой ОДУ, состоящей из двух уравнений второго и одного первого порядка: Дальнейший расчёт производился по специально разработанной автором программе.

При достижении максимального давления в контуре гидросистемы тормозного привода величина перемещения штока цилиндра достигает максимального значения. Скорости потока жидкости и перемещения штока гидроцилиндра падают до нуля.

Таким образом, составленная математическая модель достаточно точно описывает процессы, проходящие в исследуемом контуре. Все графики согласуются между собой и не противоречат физическим законам.

Ляцкая А. В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время актуальной является задача подготовить не узкоспециализированного специалиста, а «создать» такого, который будет способен применять полученные навыки для решения как задач своего профиля, так и задач из смежных областей.

Так как высшее образование на сегодняшний день имеет массовый характер, и в ВУЗы поступают учащиеся, которые обладают разными типами мышления, темпами обучения, то необходимо основной упор делать на приобретение и овладение студентами необходимыми компетенциями: академическими, профессиональными, социально-личностными. А также ориентировать образовательный процесс не на обучение какого-либо среднего ученика, а учитывать способности и возможности каждого учащегося для эффективной подготовки будущих специалистов.

Поэтому, при обучении математике важно учитывать деятельностную (Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин и др.), системную (И.В. Блауберг, В.Н. Садовский и др.), междисциплинарную (И.Д. Зверев, М.Н. Скаткин и др.), компетентностную (А.А. Вербицкий, И.А. Зимняя, А.В. Хуторской и др.) и личностно-ориентированную (А.А. Вербицкий, И.Я. Лернер и др.) парадигмы [1, с. 56-57].

На современном этапе развития образования невозможно придерживаться лишь одного подхода. Именно по этой причине выделяется полипарадигмальный подход (С.В. Белова, Т.И. Власова, и др.). Принцип работы данного подхода состоит в том, что на определенном этапе обучения выделяется один доминирующий подход, а все остальные лишь дополняют его [2]. Данная методика обучения является еще не до конца разработанной и существует много различных теорий, описывающих ее.

Сравнительный анализ и расчет на прочность различных анизотропных материалов

Мартыненко И. М., Воронович Г. К.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время активно развиваются новые направления современной механики и модифицируются «привычные» классические разделы. Вследствие этого требуется развитие и построение новых математических моделей, используемых для описания механического состояния и поведения исследуемых объектов, с целью более адекватного отражения особенностей их поведения, учета большего количества определяющих факторов, изучения сложных комплексных («сопряженных») взаимовлияющих процессов, происходящих в среде.

Современный уровень развития производства характеризуется широким внедрением новых, перспективных материалов, обладающих самыми разнообразными свойствами (естественно или конструктивно анизотропные), необходимостью учета при проектировании реальных конструктивных особенностей и условий эксплуатации, а также повышенными требованиями к прочностной надежности, экономичности и т.д. Широкое использование анизотропных материалов в различных областях (строительстве, машиностроении и т.д.) представляется вполне оправданным. Конструкции и детали, изготовленные из анизотропных материалов (в отличие от изотропных), обладают высокой несущей способностью по произвольно выбранным направлениям, что позволяет увеличить их прочность. Внедрение анизотропных материалов на производстве создает сложные проблемы для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) различных конструкций, особенно в зонах концентраторов напряжений. В связи с этим актуальным представляется вопрос о совершенствовании методов расчета и проектирования различных конструкционных (анизотропных) материалов сложной формы, находящихся в различных температурных, термомагнитных и других внешних полях. Поэтому разработка методов определения НДС различных анизотропных материалов вызывает повышенный интерес в современных условиях. Проведен расчет одного из важных классов задач МДТТ, а именно исследовано НДС (как теоретически, так и практически в системе *ANSYS*) различных неоднородных по своей структуре материалов. Разработанный теоретический подход к определению НДС позволит обосновать возможность использования новых конструкционных материалов и тем самым снизить материальные затраты на этапе расчетных моделей.

Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями

Марцинкевич В. С.

Белорусский национальный технический университет

Задача определения оптимальных параметров проектируемого механизма является многокритериальной.

Предположим, что проектируемый механизм характеризуется варьируемыми параметрами x_1, \dots, x_r , которые будем считать координатами точки $A(x_1, \dots, x_r)$ в r -мерном пространстве. Пусть заданы ограничения двух видов:

$$\text{параметрические: } a_i \leq x_i \leq b_i \quad (i = \overline{1, r}) \quad (1)$$

$$\text{функциональные: } c_j \leq f_j(A) \leq d_j \quad (j = \overline{1, s}) \quad (2)$$

Границы в (1) и (2) устанавливаются исходя из технических особенностей проектируемого механизма. Кроме ограничений вводят локальные критерии $W_1(A), \dots, W_t(A)$. Соотношения (1) ограничивают в r -мерном пространстве параллелепипед P , объем которого $V_p = \prod_{i=1}^r (b_i - a_i)$. Ограничения (2) выделяют в P некоторое подмножество G . Предполагается, что отношение V_G/V_P не слишком мало.

Оптимизационная задача формулируется следующим образом: найти точку A^* , для которой $W_k(A^*) = \min_{A \in C} W_k(A)$ при критериальных ограничениях

$$W_k(A) \leq W_k^* \quad (k = \overline{1, t}). \quad (3)$$

Здесь W_k^* – худшее значение критерия $W_k(A)$, удовлетворяющее проектировщика.

Пусть C – множество допустимых точек A , ограниченное (1) – (3), при этом $C \subseteq G \subseteq P$. Если C не пусто, решение задачи существует.

Процесс выбора пробных точек следующий. По декартовым координатам точки $Q_i(q_1, \dots, q_r)$ находят декартовы координаты точки $A_i(x_1, \dots, x_r)$, которая принадлежит P : $x_i = a_i + q_i(b_i - a_i)$ ($i = \overline{1, r}$).

Решающий критерий выбирают в форме $W = \lambda_1 W_1(A) + \dots + \lambda_t W_t(A)$, где все $\lambda_k \geq 0$, а $\lambda_1 + \dots + \lambda_t = 1$. Оптимальное значение W определяют методом последовательной безусловной минимизации, выбирая в качестве начальных точек поиска пробные точки A_i , принадлежащие $C = P \cap G \cap \Omega$, где

$$P = \{A \mid 0 \leq a_i \leq x_i \leq b_i, i = \overline{1, r}\}, G = \{A \mid c_j \leq f_j(A) \leq d_j, j = \overline{1, s}\},$$

$$\Omega = \{A \mid W_k(A) \leq W_k^*, k = \overline{1, t}\}.$$

**Некоторые особенности изложения курса «Математика»
для студентов специальностей 1-27 01 01 и 1-27 02 01**

Матвеева Л. Д., Рудый А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Продолжая подготовку в электронном виде учебно-методического пособия для студентов 1-го курса инженерно-экономических и технических специальностей, авторы работают над созданием целого спектра практических задач прикладного характера. В основе решения многих задач прикладного характера лежит математическое моделирование. В экономике и управлении все чаще используются количественные методы исследования с применением математических методов.

Так в разделе «Линейная алгебра» рассмотрена линейная модель межотраслевого баланса Леонтьева. В разделе «Аналитическая геометрия» с использованием графического метода исследуются в частности задачи оптимальной эффективности работы предприятия и оптимального плана перевозки груза. Математическая модель указанных задач описывается системой двух уравнений

$$\begin{cases} a_{11}x + a_{12}y = b_1 \\ a_{21}x + a_{22}y = b_2 \end{cases}.$$

При изучении раздела «Математический анализ» в качестве приложения используется эластичность функции для исследования зависимости объема спроса от цены. В стадии подготовки находится тема «Кривая Лоренца», неравенства распределения доходов.

Наглядная интерпретация перечисленных примеров вырабатывает у студентов навыки анализа для получения оптимального результата. Данный подход способствует заинтересованности студентов, поскольку они реально видят конкретное применение изучаемой темы в будущем в их специальности.

Задача оптимального управления с дополнительными ограничениями

Матвеева Л. Д.

Белорусский национальный технический университет

Линейные задачи оптимального управления занимают особое положение в теории оптимальных процессов. С одной стороны, ими моделируются различные реальные процессы. С другой стороны, линейные модели используются при создании алгоритмов решения.

Рассмотрим общую нелинейную задачу оптимального управления:

$$\begin{aligned} \varphi_0(x(t_1)) &\rightarrow \max, \dot{x} = f(x, u, t), x(t_0) = x_0, \\ \varphi_i(x(t_1)) &= 0, i = \overline{1, m}, u(t) \in U, t \in T = [t_0, t_x]. \end{aligned}$$

В результате анализа прямого и двойственного опорных методов для решения линейных задач оптимального управления был создан эффективный метод опорных задач [1]. В основу метода положена идея специального сужения класса вариаций управляющих функций. В результате получается специальная опорная задача линейного программирования, которая решается конечными методами линейного программирования.

В работе автором рассматривается задача управления линейной динамической системы с дополнительными ограничениями:

$$\begin{aligned} I(u) = c'x(t_*) &\rightarrow \max, \dot{x} = A(t) + B(t)u, \\ t \in [t_0, t_*], x(t_0) = Gz, f_* \leq z \leq f^*, g_* \leq Hx(t_*) \leq g^*. \end{aligned}$$

Совокупность $v = (u, z)$ назовем управлением.

При построении итерации метода учитывается специфика задачи: сочетание управлений из конечномерных и бесконечномерных пространств. Вводятся понятия опоры и опорного управления задачи. Получена формула для вычисления оценки ε - оптимального управления. Доказан критерий оптимальности. Метод позволяет остановить процесс решения задачи после построения ε -оптимального управления. Процедура доводки завершает решение задачи (2) построением базисного оптимального управления.

О приложениях теории аналитических функций к задачам термоупругости

Мелешко И. Н.

Белорусский национальный технический университет

Аналитическая теория теплопроводности основана на дифференциальном уравнении теплопроводности Фурье, к которому присоединяют начальные и граничные условия (условия теплового взаимодействия между окружающей средой и поверхностью тела).

Как известно, температура в плоском стационарном тепловом поле без источников удовлетворяет дифференциальному уравнению Лапласа

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0.$$

Действительная и мнимая части аналитической в некоторой области функции являются гармоническими функциями в этой области, т.е. удовлетворяют уравнению Лапласа. На этом основан один из самых мощных методов решения задач, связанных с уравнением Лапласа (метод конформных отображений), позволяющий решать ряд важных проблем в теории теплопроводности, теории упругости, в гидродинамике и в других задачах механики и математической физики.

В основе этого метода лежит отображение заданной сложной области с помощью некоторой преобразующей функции на простейшую область (например, круг, полуплоскость), для которой решение задачи значительно упрощается. При этом уравнение Лапласа и граничные условия сохраняют свой вид. Поэтому, если для круга или полуплоскости мы найдем аналитическую функцию, удовлетворяющую заданным граничным условиям, то задача считается решенной.

Таким образом, с помощью методов теории аналитических функций можно получать различные представления комплексных тепловых потенциалов, позволяющих определять все основные элементы теплового потока.

При исследовании влияния температуры на напряженное состояние твердых деформируемых тел сначала на основе уравнения теплопроводности находят распределение температуры в теле, а затем интегрируют уравнение теории упругости, содержащие уже найденные составляющие, зависящие от градиента температуры.

Задача назначения спектра для дифференциальной системы с соизмеримыми запаздываниями

Метельский А. В.

Белорусский национальный технический университет

Пусть система управления имеет вид

$$\dot{x}(t) = \sum_{j=0}^m A_j x(t - jh) + bu(t), t > 0, x(t) = \eta(t), t \in [-mh, 0]. \quad (1)$$

Здесь $x = [x_1, \dots, x_n]'$ – n -вектор-столбец решения системы (1) ($n \geq 2$); $0 < h$ – постоянное запаздывание; A_j – постоянные $n \times n$ -матрицы ($j = \overline{0, m}$); $b = e_n = [0, \dots, 0, 1]'$; η – начальная функция; u – управление. Векторные величины полагаем записанными в столбец, штрих обозначает операцию транспонирования. Пусть $A(\lambda) = A_0 + A_1\lambda + \dots + A_m\lambda^m$, $\lambda \in \mathbf{C}$ – множеству комплексных чисел; E – единичная матрица n -го порядка. Множество корней $|W(p, e^{-ph})| = 0$ ($W(p, \lambda) = pE - A(\lambda)$), $p \in \mathbf{C}$, характеристического квазиполинома называют спектром системы (1). Желаемый спектр замкнутой регулятором системы зададим характеристическим квазиполиномом n -й степени $d(p, e^{-ph})$ с действительными коэффициентами. Обозначим $M(p, \lambda) = [M_1(p, \lambda), \dots, M_n(p, \lambda)]'$ – алгебраические дополнения к элементам (начиная с первого) последней строки матрицы $W(p, \lambda)$. Пусть выполнено условие спектральной управляемости $\text{rank}[pE - A(e^{-ph}), b] = n$, $p \in \mathbf{C}$. Тогда найдутся векторный полином $\phi'(p, \lambda)$ и полином $d_1(p)$ такие, что $\phi'(p, \lambda)M(p, \lambda) = d_1(p)$. Регулятор, решающий задачу назначения спектра, заданного квазиполиномом $d(p, e^{-ph})$, ищем в виде $(\lambda^k x(t) = x(t - kh))$

$$u(t) = -e_n' A(\lambda)x(t) + g'(\lambda)x(t) + \sum_{k=i=0}^L \sum_{s=0}^h q_{ki}(\lambda)x(t-s)e^{pk_s} \frac{s^i}{i!} ds, t > 0, \quad (2)$$

где $g'(\lambda) = [g_1(\lambda), \dots, g_n(\lambda)]$, – полиномы с действительными коэффициентами; $q'_{ki}(\lambda) = [q_{k1i}(\lambda), \dots, q_{kin}(\lambda)]$ – полиномы, возможно, с комплексными коэффициентами; $p_k \in \mathbf{C}$, $k = \overline{1, L}$, – набор корней полинома $d_1(p)$ с алгебраическими кратностями L_k . Доказывается, что регулятор (2) существует, если и только если система (1) спектрально управляема.

Несенчук А. А.

Белорусский национальный технический университет

В системах автоматического управления техническими объектами с обратной связью функцию регулятора или корректирующего устройства часто осуществляет цифровой компьютер. Дискретный характер работы компьютера требует использования специального математического аппарата для исследования и синтеза подобных систем [1]. Дискретная система работает с данными, полученными из непрерывного сигнала посредством выборки его значений через равные моменты времени T . В результате формируется временная последовательность данных, называемая дискретным сигналом. Данная последовательность преобразуется в область переменной s и затем в область переменной z . Для этого используется преобразование $z = e^{sT}$. Область комплексной переменной z обладает свойствами очень близкими к свойствам области переменной s , получаемой при преобразовании Лапласа. Система управления не всегда может рассматриваться как непрерывная, поскольку это может привести к снижению качества функционирования объекта управления. Дискретный характер цифрового микропроцессорного управления [1] влияет на динамику системы, когда интервал времени обработки информации микропроцессором оказывается соизмерим с требуемым временем регулирования.

Замкнутая дискретная система описывается передаточной функцией:

$$W(z) = \frac{G(z)D(z)}{1 + G(z)D(z)}, \quad (1)$$

где $G(z)$ – z - преобразование передаточной функции $G(s)$ объекта с экстраполятором, $D(z)$ – передаточная функция цифрового регулятора.

Характеристический полином системы (1) имеет следующий вид:

$$1 + KG(z)D(z), \quad (2)$$

что по форме аналогично характеристическому полиному соответствующей непрерывной системы.

Тогда свойства корневых портретов (годографов) дискретных систем:

- начинаются в полюсах и заканчивается в нулях $G(z)D(z)$ (2);
- точки портрета должны удовлетворять уравнению (2);
- портрет охватывает комплексную плоскость z и действительную ось;
- портрет симметричен относительно действительной оси.

**Философия математического образования
и проблемы преподавания математики в техническом университете**

Михайлова Н. В.

Белорусский национальный технический университет

Обращение к философским идеям становится необходимыми для прогнозирования возможных путей развития математического знания, и для понимания проблем математического образования. Философия математического образования, современная математика и процесс обучения математике – это целостное образование, поэтому проблемы в одной его части неизбежно будут отражаться и на других составляющих. Создание курса математики для конкретной специальности связано с нахождением разумного баланса между объемом декларируемых математических утверждений и философской глубиной их обоснования. По мнению философа Лолли, именно направленность на математическое образование – это привилегированная перспектива для философии математики.

Одна из причин кризиса в современном математическом образовании – это не всегда педагогически оправданное превалирование дедуктивных способов рассуждений, претендующих на строгость изложения математического знания. Степень, уровень строгости следует взвешенно выверять и методологически ограничивать понятностью подачи нового математического материала. С точки зрения онтодидактического подхода в философии образования формальная составляющая математических доказательств не должна преобладать над содержательной и настаивать на окончательности выводов. Например, гармонический ряд формально расходится, но с содержательной точки зрения он расходится очень и очень медленно: еще Л. Эйлер показал, что $S_{1000} \approx 7,84$, а $S_{1000000} \approx 14,39$. А для того чтобы, частичная сумма гармонического ряда превысила 100 необходимо просуммировать около 10^{43} элементов ряда. Этот пример показательно демонстрирует системную связь формальных и содержательных (интуитивных) теорий и в практике математических вычислений.

Преподавание математики не должно сводиться только к изучению математического аппарата. С одной стороны, математика – это строгая наука, дедуктивная наука, а с другой, это одновременно «нечто иное», так как *instatunascendi* (в процессе рождения своих теорий), как отмечает математик Д. Пойа, она является индуктивной наукой. Образно говоря, у современной математики есть «два лица», и оба они должны найти свое отражение в математических курсах университетского образования.

**Приложение метода редукции общих соотношений инвариантности
к выводу уравнений для обобщенных коэффициентов яркости**

Роговцов Н. Н.

Белорусский национальный технический университет

Исследование целого ряда фундаментальных и прикладных проблем оптики дисперсных сред, астрофизики, теории ядерных реакторов и т.д. сводится к решению многомерных краевых задач (КЗ) для интегродифференциальных уравнений переноса (излучения, нейтронов). Поскольку реальные среды, в которых происходят процессы переноса излучения (нейтронов), являются зачастую макроскопически неоднородными и имеют сложную форму, то решение таких КЗ представляет собой очень сложную (с математической точки зрения) проблему. Для упрощения получения решений КЗ для уравнения переноса излучения (УПИ) можно использовать метод редукции общих соотношений инвариантности (МРОСИ), который был развит в работах [1, 2]. МРОСИ может быть применен для получения решений КЗ для УПИ на основе установления связей между ними и решениями задач Коши, в которых в качестве параметра погружения используются величины, характеризующие геометрическую форму и размеры среды. Такие связи между КЗ для УПИ и соответствующими им задачами Коши устанавливаются для семейств сред, которые обладают общими свойствами инвариантности характеристик по отношению к трансляциям в некотором выделенном направлении. В частности, доказано, что с помощью МРОСИ для случая семейства дисперсных сред, которые имеют цилиндрическую форму, можно сформулировать соответствующую задачу Коши. При этом решением данной задачи для любого значения параметра погружения (он задает размеры среды вдоль образующих цилиндрической поверхности) являются обобщенные коэффициенты яркости, выражающиеся через поверхностные функции Грина уравнения переноса излучения.

Движение релятивистского центра масс системы двух тел в среде

Рябушко А. П., Жур Т. А., Неманова И. Т., Юринок В. И.

В постньютоновском приближении (ПНП) общей теории относительности (ОТО) получены уравнения движения центра масс $\tilde{C}(\tilde{c}^1, \tilde{c}^2)$ системы двух тел A и B массами m_a и m_b , двигающихся в среде – газопылевом сферически симметричном облаке радиусом R с центром в начале координат, которое является центром масс тел A и B в ньютоновском приближении (НП) ОТО и движение круговое:

$$\frac{d^2 \tilde{c}^i}{dt^2} = \frac{\gamma^2 \rho}{c^2 (m_a + m_b)} \left[\frac{2\pi m_a m_b}{3r_0^2} (5ab^i + 5ba^i - 3aa^i - 3bb^i) + 5(m_a^2 I_{a0}^i + m_b^2 I_{b0}^i) - (m_a^2 I_{a1}^i + m_b^2 I_{b1}^i) - m_a m_b (I_{a2}^i + I_{b2}^i) + 5m_a m_b (I_{a3}^i + I_{b3}^i) \right], \quad (1)$$

где t – время; γ – ньютоновская постоянная тяготения; ρ – плотность среды; c – скорость света; r_0 – расстояние между телами A и B до начала координат; a^i и b^i – координаты тел A и B ; I с индексами – постоянные величины, определяемые интегралами (см. литературу [1], [2]; $i=1$ и $i=2$ (движение плоское)).

Задача Коши для системы (1) при начальных условиях $\tilde{c}^i(0)=0$, $d\tilde{c}^i/dt|_{t=0} = 0$ имеет решение:

$$\tilde{c}^1 = \frac{\pi\gamma\rho r_0^3 N}{c^2 (m_a + m_b)^2} (1 - \cos \varphi), \quad \tilde{c}^2 = \frac{\pi\gamma\rho r_0^3 N}{c^2 (m_a + m_b)^2} (\varphi - \sin \varphi), \quad \varphi = \omega_0 t, \quad (2)$$

где $\omega_0 = \sqrt{\gamma(m_a + m_b)/r_0^3}$ является угловой скоростью обращения тел A и B по круговой орбите в НП ОТО, а величина $N = const$.

Согласно равенству (2) центр масс \tilde{C} движется по циклоиде, если $N \neq 0$. В случае $m_a = m_b$ имеем $N = 0$ и центр масс неподвижен.

**Устойчивость релятивистских движений вращающихся тел
в фотогравитационном поле**

Рябушко А. П., Жур Т. А., Зубко О. Л., Боярина И. П.
Белорусский национальный технический университет

Вращающаяся звезда создает фотогравитационное поле, которое определяет законы движения находящихся в нем различных пробных тел – пылинки, астероидов, комет, планет. Согласно специальностей и общей теории относительности эти законы описываются системой дифференциальных уравнений, которая впервые выведена с помощью аппроксимационного метода Пуанкаре-Эйнштейна-Инфельди из полевых уравнений Эйнштейна, проинтегрирована в постньютоновском приближении и полученные движения исследованы на устойчивость и неустойчивость в разных смыслах: по Лагранжу, по Пуассону и по Ляпунову.

Не имея возможности выписать здесь громоздкие уравнения и формулы, сопровождающие проведенные исследования, отсылаем заинтересованного читателя к указанной ниже литературе.

А здесь кратко сформулируем полученные результаты.

В случае ограниченной задачи двух тел анализ уравнения орбиты пробного тела показал, что движение пробного тела происходит по конической спирали и асимптотически орбитально устойчиво в смысле Ляпунова, устойчиво в смысле Лагранжа и неустойчиво в смысле Пуассона. Без учета собственных вращений звезды и пробного тела выводы об устойчивости и неустойчивости остаются прежними, но только коническая спираль превращается в плоскую спираль.

В первом приближении по Ляпунову движение пробного тела является координатно неустойчивым.

Отметим, что при исследовании на устойчивость-неустойчивость движений учитывался целый ряд сил и эффектов специальной и общей теории относительности: световое давление, эффекты Доплера и Пойнтинга-Робертсона, искривленность риманова пространства-времени и другие.

УДК510.6 (075.8)

**О лабораторном практикуме по вычислительной математике
на ФИТР БНТУ**

Метельский А. В., Федосик Е. А., Чепелев Н. И.
Белорусский национальный технический университет

Лабораторный практикум по вычислительной математике предназначен непосредственно для студентов ФИТРа БНТУ 1-40 01 01–программное обеспечение информационных технологий, 1-40 05 01-01–информационные системы и технологии (в проектировании и производстве), 1-40 05 01-04–информационные системы и технологии (в обработке и представлении информации), хотя может быть полезен и для ряда иных специальностей.

Он состоит из 18 лабораторных работ по четырём разделам: элементы теории множеств, основы теории графов, численные методы, элементы математической статистики. Практикум содержит краткие теоретические сведения по каждой теме лабораторной работы, индивидуальные задания. Для будущего высококвалифицированного инженера-программиста кроме хорошего усвоения общего курса высшей математики необходимо также твёрдое знание некоторых разделов, не вошедших в общий курс или вошедших в недостаточном объеме. Содержание лабораторного практикума не привязано к конкретным техническим характеристикам имеющихся в лабораторных классах персональных ЭВМ («железу»), а также к быстро меняющемуся программному обеспечению, развитие которого достигло сейчас такой стадии, когда существует надёжное, эффективное и удобное для пользователя математическое программное обеспечение решения многих основных задач, например, EXCEL, MATHCAD, MATLAB и др. Применение математических пакетов избавляет студента от рутинных операций, громоздких вычислений, но не избавляет от необходимости понимания существа изучаемого предмета. При отсутствии по каким-то причинам подобных пакетов (сред) при проведении лабораторных работ, студентам предлагается самим составить программы на известных им языках программирования, реализующих некоторые основные алгоритмы для решения тех же самых задач. Цель этих упражнений не в создании практического программного обеспечения, а в глубоком понимании реализуемых алгоритмов. Этот лабораторный практикум может быть полезен и для самостоятельного изучения приведенных здесь разделов вычислительной математики, а также для дневных и заочных отделений других университетов, где в том или ином объеме изучается вычислительная математика.

**О преподавании вычислительной математики
в техническом университете**

Федосик Е. А.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы в технических университетах количество часов на изучение математики неуклонно, целенаправленно сокращается или как теперь принято говорить «оптимизируется». Происходит минимизация бюджетных денег на образование, а возможности оплаты образования родителями студентов и самими студентами весьма ограничены. Одним из реальных выходов из данной ситуации для того, чтобы резко не падал уровень математической подготовки студентов, является чтение специальных курсов по высшей математике. В БНТУ на факультете информационных технологий и робототехники на кафедре «Высшая математика № 1» разработана учебная программа курса «Вычислительная математика» (III курс, V семестр) для студентов по специальностям 1–40 01 01 – программное обеспечение информационных технологий, 1–40 05 01–01 – информационные системы и технологии (в проектировании и производстве), 1–40 05 01–04 – информационные системы и технологии (в обработке и представлении информации). Программа состоит из четырех разделов: элементы математической логики, теории множеств, теории графов, численных методов (34 ч. лекций, 34 ч. лабораторных работ). Эти разделы не входят в общий курс математики в техническом университете, но их твердое знание необходимо студентам, специализирующимся в области программирования и вычислительной техники: логика высказываний, минимизация и реализация булевых функций, комбинаторные задачи, теория множеств и отношений и т.д. Теория графов имеет обширные приложения: в физике (теория жидких кристаллов), биологии (нейронные сети), экономике (сети и сетевое планирование), радиотехнике (конструирование печатных схем) и т.д. Численные методы, прикладные исследования имеют непосредственную отдачу. В численных методах самое главное не числа, а понимание. Нужно уметь сформулировать на языке математики конкретные задачи физики, механики, экономики, инженерные задачи и т.д., т.е. построить математическую модель рассматриваемого явления, обосновать ее, подобрать алгоритм верно ее реализующий

Метод решения оптимизационной задачи о ранцеЧебаков С. В.¹, Серебряная Л. В.²¹Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,²Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

Представлен метод решения оптимизационной задачи о ранце с заданным множеством начальных данных N . Каждому элементу соответствует время выполнения и вероятность достижения заданной цели. Общее время достижения цели при последовательном выполнении альтернативных вариантов из множества N ограничено величиной T . Допустимым является такое подмножество элементов из N , суммарное время выполнения которых не превосходит величины T . Введение транзитивного двухкритериального пространства предпочтений на конечном множестве N и разработанный на этой основе алгоритм формирования допустимых подмножеств позволило определить структуру оптимального подмножества Q с максимальной суммарной вероятностью достижения цели всех входящих в него альтернатив. Оптимальное подмножество представляет собой объединение подмножеств P_i , $i=1 \dots m$, где P_1 некоторое подмножество множества Парето на множестве N во введенном двухкритериальном пространстве. P_2, \dots, P_m – подмножества элементов, принадлежащих i -му паретовскому слою.

Предложенный способ решения задачи о ранце позволяет не рассматривать при построении допустимых подмножеств элементы из N , входящие во все последующие паретовские слои, начиная с некоторого номера, который больше либо равен m . Это значительно сокращает число операций, которые требуются для нахождения решения оптимизационной задачи. Число паретовских слоев, a , следовательно, и количество элементов множества N , которое требуется рассмотреть для нахождения оптимального подмножества Q , зависит от значения заданной величины ресурса времени T .

Чепелева Т. И.

Белорусский национальный политехнический университет

Особую роль в машиностроении играет структурирование производственного ресурса и решение проблем оптимальной организации, как параллельных конкурирующих процессов производства, так и комплексных, и их сосредоточенное распределение, и выполнение. Разработан математический аппарат, а также получены способы расчета точных значений минимального общего рабочего времени выполнения всевозможных действующих производственных процессов рабочего ресурса с ограниченным числом интеллектуальных исполнителей с оценками трудоемкости согласно числу рабочих блоков и процессов. Полученный математический аппарат служит отправной точкой в решении проблемы организации и распределении множества взаимодействующих конкурирующих процессов в машиностроительном производстве. Основная идея метода структурирования процессов производства состоит в обеспечении декомпозиции (т.е. разбиении) рабочего ресурса на блоки и организации одновременного, параллельного использования этих блоков множеством процессов. С помощью изменения параметров производственных функций и их аналитического представления проведено исследование гибкости работы процессов производства. Для параллельного использования рабочих блоков характерным явлением является та ситуация, когда один и тот же блок или часть его необходимо выполнять многократно, циклически. Для решения подобных задач требуется, прежде всего, построение математических моделей, адекватно отражающих различные аспекты взаимодействия множества процессов, с учетом их физической специфики. Анализ показывает, что на пути решения этой комплексной проблемы большинство математических задач носит дискретный, комбинаторный характер. В связи с этим при построении и исследовании математических моделей и задач оптимальной организации параллельных процессов производства применяются теории множеств, расписаний, графов, комбинаторной оптимизации. Рассмотрены вопросы моделирования и алгоритмизации основных понятий, связанных с методом структурирования и организацией параллельного выполнения множества взаимодействующих конкурирующих производственных процессов. Проведены доказательства соответствующих критериев эффективности и оптимальности структурирования процесса производства согласно количеству рабочих блоков, интеллектуальных исполнителей ресурса производства с учетом необходимых параметров.

Успеваемость студента

Чепелева Т. И., Чепелев С. Н.

Белорусский национальный политехнический университет

Белорусский государственный медицинский университет

Основным желанием каждого преподавателя является повышение успеваемости обучаемого им студента. Наилучший вариант, когда это желание совпадает с желанием самого студента. Однако многие студенты, обучаясь в Вузе, пытаются параллельно где-то еще и работать. Преподавателю приходится настолько продуманно вести занятие, чтобы всячески заинтересовать уставшего от работы студента. Поскольку студенты в настоящее время увлечены высокими достижениями развития информационных технологий, то желательно их всячески и применять во время проведения учебного процесса.

Врач должен уметь грамотно поставить диагноз, инженер должен уметь создавать новую технику, способствующую повышению экономического уровня государства. Однако, если не будет здорового человечества, не будет и толковых инженеров. И за всё за это должны бороться преподаватели вузов и ежедневно совершенствовать свой образовательный уровень. Создание интересной грамотно и правильно составленной презентации так же требует от преподавателя особых навыков, умения и терпения. Принцип ориентации знаний заключается в следующем: преподаватель на занятиях должен заботиться о том, чтобы знания, полученные студентом, концептуально могли оформиться и трансформироваться в профессиональное сознание, которое всегда формируется в результате индивидуальной напряженной мыслительной работы. Отсюда и создается, и разрабатывается методика обучения, которая непосредственно зависит от цели образования и является определяющим фактором, ориентирующим влияние на формы образования и определяет пути достижения желаемого результата. Цель образования является основанием для выбора методики обучения. Допустим цель образования направлена на подготовку научных кадров, тогда методика обучения должна быть творческой, креативной, в обязательном порядке включающей дискуссии по постановке проблемных задач. В последнее время речь идет о сочетании целей. В перспективе студент уже со второго курса должен обладать какими-то практическими навыками и иметь четкое представление кем он должен выйти из стен вуза, сможет ли он быть хорошим специалистом. Для этого преподавателю приходится приложить максимум усилий, чтобы не только помочь студенту освоить предмет, но и с ориентировать его дальнейшую работу.

Финальная ограниченность по части координат решений уравнений с запаздыванием

Шавель Н. А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается система дифференциальных уравнений с запаздыванием

$$\dot{x}(t) = f(t, x_t, y_t), \quad \dot{y}(t) = g(t, x_t, y_t),$$

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 предполагается, что $r(t) \leq r_0$ для любых $t \in R_+$ и некоторого $r_0 > 0$.

Решения системы называются 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 $\|\varphi\| = \max_{-r(t) \leq \theta \leq 0} |\varphi(\theta)| < \beta$.

Сформулируем условие 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 выполнены условия

- 1) $V(t, x_t, y_t) \geq a(\|x(t)\|)$;
- 2) $\dot{V}(t, x_t, y_t) \leq -\omega(\|x_t\|)$, если $t > t_0 + r_0$,
 $\|x_t\| > H$, $\rho(V(t, x_t, y_t)) \geq V(t + \theta, x_{t+\theta}, y_{t+\theta})$ 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 финально ограничены по x .

Щукин М. В.

Белорусский национальный технический университет

Наряду с использованием в учебном процессе онлайн-консультаций, переписки по электронной почте со студентами, возникает необходимость опубликовать в сети интернет некоторые файлы и информацию для студентов. Это можно сделать разными способами. Например, можно опубликовать в социальной сети типа «В контакте», «Facebook». Однако, возникают технические проблемы, поскольку доступ к социальным сетям в университете закрыт. Можно воспользоваться услугами бесплатного хостинга типа «Narod.ru». Вместе с хостингом этот ресурс обладает еще и бесплатным конструктором сайтов. Основные проблемы, связанные с бесплатным хостингом: хорошие имена уже заняты, ограниченная функциональность, многие хостинги имеют платные расширения. При этом, по отзывам, бесплатный хостинг часто плохо работает или недоступен и хостинговая компания предлагает купить платные услуги. Другой путь создания сайта: воспользоваться платным хостингом. При этом возникает вопрос: как создать сайт? Можно воспользоваться услугами веб-дизайнера и веб-девелопера. Можно разработать сайт и с помощью готовых условно-бесплатных систем по конструированию и обслуживанию сайтов типа WordPress или Joomla. В настоящей работе мы рассмотрим процесс создания сайта на Joomla.

Первая версия Joomla увидела свет в сентябре 2005-го года. Joomla стабильно занимает вторые места по популярности среди CMS в соответствующих рейтингах. На этой системе управления содержимым работает ресурс Гарвардского университета, сайт Linux, а также, сайты многих белорусских университетов.

Возможности Joomla. Движок позволяет создавать веб-ресурсы разного уровня сложности: от сайта-визитки или личного блога до большого информационного портала или интернет-магазина. В своей работе CMS использует стандартный набор компонентов (PHP/MySQL) и может быть установлена даже на недорогой хостинг. Сразу после инсталляции вы получаете основу сайта с удобной административной панелью. Нам остаётся только настроить его под свои нужды и заполнить контентом. Практически всё, что Joomla не может делать по умолчанию, решается путём установки расширений, которых под неё написано немало. Прежде, чем размещать сайт в Сети, лучше отладить его на локальном сервере.

О разработке ЭУМК для студентов заочного отделения

Яцкевич Т. С., Раевская Л. А., Юринок В. И.

Белорусский национальный технический университет

При разработке электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) по математике для студентов 2-го курса заочного отделения авторы использовали имеющийся опыт создания подобного комплекса для студентов 1-го курса [1]. Применение этого пособия при работе со студентами заочного и даже дневного отделений дало положительный эффект. Обучающиеся и преподаватели с успехом применяли его и для самостоятельной работы, и для работы в аудитории, и на консультациях. Поэтому коллектив авторов решил использовать уже апробированный подход и при создании ЭУМК для студентов 2-го курса. А именно, сохранив структуру пособия: 1) первый раздел содержит теоретический материал с большим числом решенных примеров; 2) второй раздел представляет собой набор заданий с ответами по темам первого раздела для аудиторной и самостоятельной работы студентов; 3) третий раздел содержит непосредственно текст заданий самой контрольной работы.

Как при работе над любым методическим пособием первой возникает проблема отбора теоретического материала, который должен быть включен в издание. В настоящее время данная проблема тем более остра, так как мы находимся в процессе изменения учебных планов, типовых и рабочих программ в связи с переходом на четырехлетний период первой степени высшего образования. Авторы решили не сужать тематику включаемых вопросов, чтобы этот комплекс мог послужить и студентам дневного отделения, и как справочное пособие для всех студентов. Поэтому авторы включили в первый раздел и те темы, которые не вошли в перечень контрольных заданий для студентов. Задания второго раздела соответствуют темам теоретического материала. А контрольная работа содержит 30 вариантов заданий по основным темам, необходимым для понимания изучаемого материала. Авторы уверены, что данный ЭУМК будет полезным и студентам всех форм обучения, и преподавателям при самостоятельной и аудиторной работе.

Естественно-научные дисциплины

Отображение единичной сферы в n -мерный эллипсоид

Воронова Н. П.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрим прямоугольную матрицу A размерности $m \times n$. Сингулярное разложение этой матрицы представляется в виде $A=USV$, где U – ортогональная матрица размерности $m \times m$; V – ортогональная матрица размерности $n \times n$; S – прямоугольная диагональная матрица размерности $m \times n$ вида

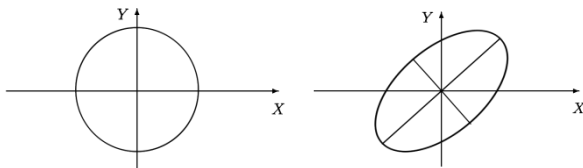
$$S = \begin{bmatrix} \sigma_1 & & & & 0 \\ & \sigma_2 & & & \\ & & \cdot & & \\ & & & \sigma_k & \\ & & & & 0 \\ 0 & & & & & \cdot \\ & & & & & & 0 \end{bmatrix}$$

с невозрастающими неотрицательными элементами на главной диагонали, $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_k > 0$ – сингулярные числа матрицы A . Если $m > n$ и ранг матрицы $r = n$, то число обусловленности матрицы A можно найти по формуле

$$\text{cond}(A) = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}},$$

где σ_{\max} , σ_{\min} – наибольшее и наименьшее сингулярные числа матрицы A .

Матрица A в сингулярном виде отображает единичную сферу (множество векторов с нормой, равной единице) в множество векторов различной длины, которое представляет собой r -мерный эллипсоид.



Случай $m = n = r = 2$ изображен на рисунке.

Величины σ_{\max} и σ_{\min} соответственно длины большой и малой осей эллипса – образа круга. Число обусловленности связано с эксцентриситетом эллипса и плохая обусловленность отвечает сильно вытянутым эллипсам.

Специфика влагопереноса в процессе сушки торфа

Воронова Н. П., Грибкова С. М.

Белорусский национальный технический университет

Сушка торфа является сложным теплофизическим процессом, специфика которого основана на исследовании переноса как энергии, так и вещества. Основными задачами этого процесса является выбор эффективной сушильной установки и нахождение оптимального режима сушки. Оптимизация технологического процесса основана на решении системы дифференциальных уравнений, причем в массовых концентрациях система, соответствующая динамике равновесной сорбции для одномерного случая, имеет вид

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{1}{W} \frac{\partial C^*}{\partial t} + \frac{\partial W}{\partial t} \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2},$$

где C – концентрация в растворе; C^* – концентрация в твердой фазе торфа; W – влагосодержание торфа; t – время; x – координата; D – эффективный коэффициент диффузии.

Анализ статистических данных показывает, что при увеличении влажности на 1% производительность сушильных установок снижается в среднем на 4–5%. Колебания влажности при производстве торфобрикетов достигает 15%. В связи с этим выработка брикетов падает на 15–20%. Поэтому весьма актуальной является задача при нормативно заданных значениях концентрации выбрать такое значение для времени, чтобы для решений (1) выполнялись условия

$$\int_0^{t_0} [C(t) - C_1(t)]^2 + [C^*(t) - C_1^*(t)]^2 dt \rightarrow \min,$$

где t_0 – оптимальное время процесса.

Наиболее точно отражает физическую сущность обезвоживания граничное условие

$$\nabla \frac{C}{n} = \beta C,$$

где β – коэффициент массопереноса, $\frac{C}{n}$ – значение концентрации на поверхности. Функции $C(t)$ и $C_1(t)$ подчинены ограничениям

$$C_{\min}(t) \leq C(t) \leq C_{\max}(t), \quad C_{1\min}(t) \leq C_1(t) \leq C_{1\max}(t),$$

где $C_{\min}(t)$, $C_{\max}(t)$, $C_1(t)$, $C_{1\max}(t)$ – функции, заданные на отрезке продолжительности процесса $[0; t_0]$.

**Пути повышения качества управления знаниями
в современных организациях**

Макарова А. Н.

УО «Белорусский государственный экономический университет»

Управление знаниями – это непрерывное управление процессами для улучшения использования существующих или создания новых индивидуальных или коллективных ресурсов знаний с целью повышения конкурентоспособности предприятия [1].

В целом можно сказать, что управление знаниями – это область, находящаяся на пересечении трех дисциплин: науки об управлении бизнесом, которая с точки зрения управления знаниями отвечает на вопрос: «как создавать добавленную стоимость и обеспечивать конкурентное преимущество на основе знаний?»; науки об информации, которая отвечает на вопрос: «как эффективно работать с информацией?»; гуманитарных наук, которые отвечают на вопрос, «как обеспечить необходимое поведение сотрудников?».

Таким образом, для повышения качества процесса управления знаниями его необходимо организовать всем по трем направлениям:

- 1) сотрудники – установление контактов и взаимодействие между людьми, обладающими знаниями;
- 2) технологии – развитие технологической инфраструктуры для сохранения опыта и для коммуникаций.
- 3) процессы – разработка процедур обмена знаниями, механизма мотивации и привлечения людей к участию в процессе обмена знаниями.

Практический опыт показывает, что игнорирование одной из составляющих управления знаниями может привести к негативным последствиям, а процесс управления знаниями, организованный по вышеописанному принципу, с учетом всех трех составляющих, позволяет повысить качество, оперативность и эффективность принимаемых в компании решений, обеспечивая этим существенную экономию времени и снижение рисков управления.

Новый регулятор роста растений из торфа «Гуморост»

¹Наумова Г. В., ¹Макарова Н. Л., ¹Жмакова Н. А.,
¹Овчинникова Т. Ф., ²Рассоха Н. Ф.

¹Институт природопользования НАН Беларуси

²Институт овощеводства НАН Беларуси

В Институте природопользования НАН Беларуси на основе торфяного сырья разработан новый регулятор роста растений гуминовой природы Гуморост. Препарат обогащен азотом за счет введения в его состав азотсодержащих добавок. Обогащение гуминовых препаратов такими добавками является целесообразным, так как в этом случае проявляется значительный синергетический эффект, заключающийся в обеспечении растений питательными веществами и в более полном и эффективном их усвоении [1]. Особенно эффективны некорневые подкормки растений такими комплексными препаратами. При этом значительно повышается коэффициент использования питательных веществ, поскольку элементы питания поступают непосредственно в ткани листьев, минуя почву, где обычно большая их часть связывается с почвенным поглощающим комплексом и становится недоступной для растений.

Основным компонентом Гумороста являются гуминовые кислоты, содержание которых составляет 11,23 %, низкомолекулярные карбоновые кислоты – 4,59 %, фенолкарбоновые кислоты – 0,63 % от суммы органических веществ. Препарат обогащен азотом, содержание которого составляет 10–11 %. Проведенные токсиколого-гигиенические и агрономические испытания Гумороста (на культурах ячменя, проса, гречихи и рапса) позволили провести его государственную регистрацию в качестве регулятора роста растений и включить в «Государственный каталог средств защиты растений, удобрений и пестицидов, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь».

Проблемы информатизации процесса обучения

Афанасьева Н. А.

Белорусский национальный технический университет

Информатизация процесса обучения тесно связана с внедрением в учебный процесс информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Основными проблемами, которые возникают в связи с внедрением ИКТ в образовательный процесс, являются:

- неподготовленность педагогов к информатизации образования: как психологическая, так и по уровню владения персональным компьютером;
- некомпетентность педагогов в использовании обучающих компьютерных программ всевозможными способами и работы с мультимедийными приложениями;
- отсутствие учебно-методических разработок по использованию ИКТ в учреждении образования;
- невысокая обеспеченность учреждений образования современным оборудованием;
- отсутствие рекомендаций по выбору того или иного оборудования для учреждений образования.

Следует отметить также, что использование ИКТ в процессе обучения может привести и к ряду негативных последствий:

- к числу первых можно отнести ряд негативных факторов психолого-педагогического характера, а также ряд факторов, влияющих на психофизиологическое состояние и здоровье обучающегося;
- индивидуализация обучения сокращает живое общение участников образовательного процесса, общающихся между собой;
- заимствование обучающимися из сети Интернет готовых проектов, рефератов и др., что не способствует повышению эффективности обучения.

Однако, следует сказать и о преимуществах использования ИКТ в процессе обучения, к которым относятся повышение эффективности контроля качества процесса обучения, возможность получения более качественного образования, поскольку технологические навыки, которые обучающийся приобретает в процессе обучения используя ИКТ позволят быть ему конкурентоспособным специалистом и др.

В заключении, хотелось бы отметить, что грамотное использование ИКТ, с учетом устранения проблем и негативных факторов, в образовательном процессе будет способствовать повышению эффективности образования.

**Аспект повышения мотивации к изучению
математических дисциплин**

Костюкевич Е. К.

Белорусский национальный технический университет

По оценкам специалистов в настоящее время наблюдается значительное падение уровня математического образования, навыков решения практических задач среди студентов технических вузов. Известно, низкое качество образования сегодня – это плохие специалисты некоторое время спустя, со всеми вытекающими последствиями.

Обучаемые должны осознать, что для инженера математические знания необходимы для анализа, организации и управления, т.е. для решения производственных, технических, организационных, управленческих задач, формального описания реальных процессов, связанных с технической сферой. Несомненно, организация в техническом вузе профессионально-ориентированного обучения математическим дисциплинам должна акцентировать связь курса высшей математики со специальными дисциплинами и способствовать повышению мотивации к изучению математических дисциплин.

Пакет Mathcad наиболее подходит для выполнения научно-инженерных расчетов. При изучении выше названной дисциплины пакет Mathcad можно использовать как средство для контроля и самоконтроля при решении математических задач. Решив ту или иную сложную задачу аналитическим путем, правильность ответа можно проверить с помощью Mathcad.

В отличие от других систем компьютерной алгебры, Mathcad – это не язык программирования, а средство работы с документами, позволяющее проводить вычисления непосредственно в документе. По сравнению с другими аналогичными программными продуктами преимущество Mathcad заключается в том, что данный расчетный пакет не требует особой компьютерной и математической подготовки для решения задач средней сложности.

Опыт показывает, что использование Mathcad в учебном процессе позволяет снизить время, затрачиваемое студентами на математические вычисления и уделить больше внимания анализу полученных результатов. Сочетание «ручного счета» и выполнение расчетов с использованием Mathcad дает возможность глубже усвоить методы решения задач математического анализа, алгебры, и т.д., а также продемонстрировать работу аппарата высшей математики при решении более сложных и трудоемких технических задач.

Оптимальный подход к методам решения некоторых задач по гидростатике

Драпезо Л. И., Золотарева Л. Е.

Белорусский национальный технический университет

При решении задач по гидростатике необходимо знать следующее:

1) закон Паскаля (давление в жидкостях и газах передается одинаково во всех направлениях); 2) силу Архимеда ($F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot V_{\text{ж}} \cdot g$); 3) гидростатическое давление, т.е. давление, которое оказывает столб жидкости высотой h ($P = \rho_{\text{ж}} \cdot h \cdot g$).

В практике часто встречаются задачи, когда тело, помещенное в жидкость, плавает в ней. Их можно решать, применяя закон Архимеда, т.е. $mg = F_A$, но проще и понятнее для учащихся решение с помощью закона Паскаля и формулы гидростатического давления. Особенно эффективен этот метод для задач, в условиях которых говорится об изменении уровня жидкости в сосуде при нахождении в нем плавающего тела.

Пример №1. В цилиндрический сосуд с водой, площадь дна которого $S = 100 \text{ см}^2$, опустили плавающее тело массой $m = 50 \text{ г}$. Определить, на сколько поднялся уровень воды в сосуде.

Решение. Опущенное тело оказало на воду давление $p_T = \frac{mg}{S}$. Вода, в свою очередь, оказала на тело давление $P_B = \rho_B \cdot gh$, где h – подъем уровня воды в сосуде. Согласно III закону Ньютона:

$$\frac{mg}{S} = \rho_B \cdot gh \Rightarrow h = \frac{m}{\rho_B S} = 5(\text{мм}).$$

Если бы эта задача решалась через применение закона Архимеда, решение было бы более громоздким.

Пример №2. В сообщающиеся вертикальные трубки с поперечным сечением $S_1 = 40 \text{ см}^2$, $S_2 = 60 \text{ см}^2$ налита вода. В трубку сечением S_1 поместили деревянную шайбу массой $m = 120 \text{ г}$. Определить изменение уровня воды в сосудах.

Решение. Т.к. сосуды сообщающиеся, то шайба оказывает давление на

площадь $S_1 + S_2$: $P_{\text{ш}} = \frac{mg}{S_1 + S_2}$; $P_B = \rho_B \cdot g\Delta h$.

$$\frac{mg}{S_1 + S_2} = \rho_B g \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{m}{\rho_B (S_1 + S_2)} = 12(\text{мм}).$$

**Преимущества и недостатки дистанционного метода обучения
в ВУЗе и средней школе**

Золотарева Л. Е., Жарихина Л. П.

Белорусский национальный технический университет

В Советском Союзе высшее образование можно было получить в очной, вечерней и заочной форме обучений. Среднее образование – в дневной и вечерней школах. Что было связано недостатком квалифицированных кадров, особенно в 30-е и послевоенные годы. В вечерней школе и на вечерних отделениях вузов учились в послевоенные годы в основном руководители среднего и высшего звеньев на производстве.

В 50–70-е годы достигла своего расцвета заочная форма обучения. В начале семестра на каждом курсе проходила установочная сессия, на которой студенты знакомились с фундаментальными дисциплинами, в частности, на начальных курсах: разделами высшей математики и физики, выдавались контрольные работы по этим предметам и устанавливались сроки их сдачи. На консультации студенты должны были приезжать в вуз. Большая часть обучения возлагалась на самих студентов, что при отсутствии постоянного контроля со стороны преподавателей, привело к низким знаниям выпускников заочной формы обучения. Она признана неэффективной и сейчас заочные формы обучения в вузах закрываются.

С появлением компьютерных технологий и Интернета на смену заочной форме обучения приходит дистанционное обучение. Это обучение значительно отличается от заочного. И прежде всего потому, что студенты имеют ежедневную возможность поддерживать контакты с преподавателями, которые контролируют выполнение полученного задания. Дистанционное обучение вырабатывает у студентов творческие способности. Они учатся работать с дополнительными источниками по данной дисциплине, следить за ее развитием, пользоваться Интернетом. Такая система обучения осуществляется и в средней школе. Использование ее целесообразно для детей, которые по тем или иным причинам не могут присутствовать на занятиях в школе. А обучение дистанционно позволяет им получить общее среднее образование в домашних условиях.

Однако дистанционная система такая имеет и недостатки. Как, например, отсутствие лабораторного практикума при изучении физики. Но эти немногие недостатки не могут существенно влиять на качественное высшее и среднее образование, получаемое с помощью системы дистанционного обучения.

Условия повышения эффективности учебной деятельности студентов

Канашевич Т. Н.

Белорусский национальный технический университет

Педагогические условия повышения эффективности учебной деятельности рассматриваются нами как специально создаваемые обстоятельства, совокупность педагогических мер, соблюдение которых обеспечит получение качественного образовательного результата наиболее рациональным способом. В результате проведённого анализа психолого-педагогической литературы и научных исследований (А. К. Анохин, А. Г. Балл, Н. А. Бернштейн, О. В. Григораш и др.) по данной проблематике, а также факторов, влияющих на эффективность учебной деятельности студентов, можно констатировать, что при организации образовательного процесса целесообразно: учитывать особенности осуществления учебной деятельности в соответствии с возрастом обучающихся; строить образовательный процесс на основе выполнения обучающимся всех этапов учебной деятельности (постановка цели, планирование, выбор и осуществление действий, контроль, коррекция, рефлексия); сформировать положительную внутреннюю мотивацию обучающихся к процессу обучения; обеспечить содержательную преемственность изучаемого материала; стимулировать познавательную активность; осуществлять мониторинг и информирование обучающихся о качестве их учебных действий и достижений на различных этапах обучения.

Следовательно, для повышения эффективности учебной деятельности студентов необходимо соблюсти следующие педагогические условия: обеспечить убежденность студента в значимости и необходимости получения им собственного образовательного результата, что будет способствовать формированию положительной мотивации к учебной деятельности; стимулировать его к определению цели учебной деятельности, что позволит повысить осознанность выполняемых действий и обусловит развитие познавательной активности; совместно со студентами составлять план действий и определять рациональную последовательность действий из расчета на максимальный образовательный эффект; определить наиболее действенные способы, средства достижения поставленной цели, что будет стимулировать познавательную активность и обеспечит рациональность физических и интеллектуальных затрат; установить эталон образовательного результата, критерии и показатели его оценки; использовать внешнюю оценку результатов, способов деятельности обучающегося, что позволит избежать искажения образовательного результата.

Средства повышения учебно-познавательной мотивации студентов

Канашевич Т. Н., Синькевич В. Н.

Белорусский национальный технический университет

Особого внимания заслуживает определение средств стимулирования устойчивого познавательного интереса студентов к изучению специальных (профессионально значимых) дисциплин как основы для формирования учебно-познавательной мотивации. На основании проведённых исследований нами предложена процессуальная модель формирования познавательного интереса у студентов, включающая четыре последовательных этапа.

Первый этап формирования познавательного интереса студентов связан с обращением, активацией их внимания к явлению, которое впоследствии подвергнется изучению. Для развития познавательного интереса обучающихся важно сделать более заметными полезные для них факты. Активации внимания способствуют яркие события, неожиданные удивительные решения, необычная подача информации, создание интриги. Первый этап является краткосрочным, преимущественно внешне организуемым, а его задача – пробудить интерес студентов.

На втором этапе главной задачей становится удержание внимания и «разжигание» познавательного интереса студентов к конкретной области знания. Решению этой задачи будет способствовать указание, подтверждение значимости изучаемого содержания, его необходимости в профессиональной деятельности и повседневной жизни. На этом этапе важное значение имеет поддерживающая и направляющая оценка преподавателем учебной деятельности студентов: комментарии, отзывы и рекомендации.

Третий этап – влияние на отношение студентов к изучаемой предметной области в целом, на их установки, убеждения, ценности. На третьем этапе интерес к проблеме сохраняется и снова возникает, но уже на основе обобщённого, развёрнутого изложения. Определение личностной ценности информации в конкретных условиях связано с формированием у студентов стремления к её изучению.

Четвёртый этап – преобразование внешне организованной поисковой деятельности студентов во внутреннюю, связанную с постановкой ими личностных и познавательных целей. Он требует правильной организации учебно-познавательной, поисковой деятельности студентов, которая формирует у них глубокий и устойчивый интерес, способствует развитию внутренней мотивации к познанию.

Дальнейшее развитие познавательной деятельности связано с привлечением прежнего опыта, знаний, актуальных интересов и мотивов.

УДК 51 (07.07)

Решение задач с использованием формулы сложных процентов

Кленовская И. С., Якимович В. С.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время в школьном курсе математики появляется всё больше практико-ориентированных задач. К наиболее интересным относятся задачи из раздела финансовой математики, которые позволяют учащимся строить математические модели экономических ситуаций, исследовать их, получать и делать выводы.

Одни из таких задач используют понятие сложного процента, т.е. процента, начисленного на процент.

Пример.

Банк под определённый процент принял некоторую сумму. Через год четверть накопленной суммы была снята со счёта. Банк увеличил процент годовых на 40 процентных пунктов. К концу следующего года накопленная сумма в 1,44 раза превысила первоначальный вклад. Каков новый процент годовых?

Решение.

Пусть X – первоначальная сумма, положенная в банк под $p\%$ годовых, тогда после первого года она составит $X(1 + \frac{p}{100})$.

После снятия четверти накопленной суммы на счёту осталось $\frac{3}{4}X(1 + \frac{p}{100})$. После того как банк увеличил процентную ставку на 40%,

к началу третьего года сумма стала равна $\frac{3}{4}X(1 + \frac{p}{100})(1 + \frac{p+40}{100})$ и составила 1,44 X .

Решим уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{3}{4}X(1 + \frac{p}{100})(1 + \frac{p+40}{100}) &= 1,44X \Rightarrow \\ (100 + p)(140 + p) &= 19200 \end{aligned}$$

При решении данного уравнения получаем $x_1 = 20$ и $x_2 = -260$. Следовательно, первоначальная процентная ставка была 20%.

$$20\% + 40\% = 60\%$$

Ответ: 60%.

Формирование исследовательских навыков у учащихся ПО на занятиях по математике

Коваленок Н. В., Кленовская И. С.

Белорусский национальный технический университет

Развитие исследовательских и творческих навыков у учащихся ПО, а в дальнейшем и у студентов – это одна из главных задач высшей школы. Основным приоритетом в этом деле является внедрение инновационных методов организации учебного процесса, а также проблемно-творческого содержания материала.

Пример.

Инженеры сконструировали две авиамодели с моторчиками. При встречном ветре первая модель продержалась в воздухе на m минут меньше второй, но пролетела на h метров дальше. Скорость ветра равна v метров в минуту, но на продолжительность полёта модели ветер не влияет; от ветра зависит только дальность полета. Какая из этих моделей пролетит большее расстояние при безветренной погоде, если их собственные скорости постоянны?

Решение.

Пусть z мин – продолжительность полета 1-й модели.

Тогда $(z + m)$ мин – продолжительность полета 2-й модели.

Пусть x м/мин и y м/мин – собственные скорости 1-й и 2-й модели.

Первая модель пролетела: $(x - v) \cdot z$ м, а вторая: $(y - v)(z + m)$ м.

Получаем:

$$(x - v) \cdot z = (y - v)(z + m) + h \Leftrightarrow$$

$$xz + vz = yz + ym - vz - vm + h \Leftrightarrow$$

$$xz - y \cdot (z + m) = h - vm$$

Так как xz и $y \cdot (z + m)$ – расстояния, которые могут пролететь модели в безветренную погоду, получаем, что первая модель пролетит большее расстояние, если $h > vm$; вторая модель пролетит большее расстояние, если $h < vm$.

Термодинамические циклы

Малашонок В. А.

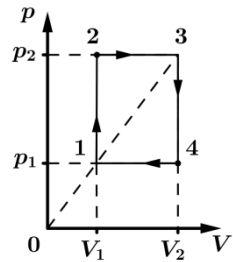
Белорусский национальный технический университет

Одним из типов заданий, вызывающих серьёзные затруднения, при подготовке к вступительным испытаниям и Централизованному Тестированию являются задачи на расчёт термодинамических циклов, которые требуют использования 1-го закона термодинамики. При этом необходимо развитие навыков определения работы идеального газа, изменения внутренней энергии при переходе из одного состояния в другое, количества теплоты, полученного газом, и КПД цикла.

Пример. Максимальная и минимальная температуры в цикле отличаются в $n = 9,0$ раз. Определить КПД цикла для идеального одноатомного газа.

Решение. Максимальная температура в точке 3 (pV – максимальное), минимальная – в точке 1. Для этих точек имеем $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{n T_1}$; $p_2 V_2 = n p_1 V_1$ (1).

Точки 1 и 3 лежат на одной прямой. Поэтому $\operatorname{tg} \alpha = \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$ (2) и $p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1}$.



Подставляя в уравнение (1), получим

$$p_1 \frac{V_2}{V_1} V_2 = n p_1 V_1; \quad V_2 = V_1 \sqrt{n}.$$

Тогда из того же соотношения (2) имеем $p_2 = p_1 \sqrt{n}$.

КПД цикла $\eta = A_1 / \Delta Q$, где A_1 – работа за цикл.

$A_1 = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = p_1 (\sqrt{n} - 1) V_1 (\sqrt{n} - 1) = p_1 V_1 (\sqrt{n} - 1)^2$; $\Delta Q = A + \Delta U$, где A – работа газа при расширении по изобаре 2–3;

$$A = p_2 (V_2 - V_1) = p_1 \sqrt{n} V_1 (\sqrt{n} - 1) = p_1 V_1 \sqrt{n} (\sqrt{n} - 1).$$

Изменение внутренней энергии

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (p_1 V_1 n - p_1 V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 (n - 1).$$

КПД цикла при $n = 9,0$ составит $\eta = 22\%$.

Ответ: 22%.

Основные понятия комбинаторики и их применение при решении задач

Сенькова Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Комбинаторика позволяет вычислить, сколько различных комбинаций, согласно некоторым условиям, можно составить из заданных объектов (одинаковых или разных).

Задача 1

В меню столовой предложено на выбор 2 первых блюда, 6 вторых и 4 третьих блюда. Сколько различных вариантов обеда, состоящего из первого, второго и третьего блюда, можно составить?

Решение. Выбираем три блюда: первое, и второе, и третье. Едим каждое блюдо отдельно (независимо друг от друга). Следовательно, можем применить правило умножения вариантов. Из 2-ух первых блюд одно можно выбрать 2-мя способами, из 6-ти вторых одно можно выбрать 6-тью способами, из 4-ёх третьих одно – 4-мя способами: $2 \cdot 6 \cdot 4 = 48$.

Ответ: 48.

Задача 2

Сколько четных трёхзначных чисел можно составить из цифр 3, 4, 5, 6? (Цифры в записи числа не могут повторяться).

Решение. Четными будут числа, оканчивающиеся на 4 или на 6. Поэтому подсчитаем количество вариантов, заканчивающихся на одну из этих цифр, а затем воспользуемся правилом сложения, чтобы определить общее число вариантов.

Если число оканчивается 4-кой, то на позициях сотен и десятков могут находиться любые 2 цифры из оставшихся 3-ёх. Число размещений из 3 по 2: $A_3^2 = 3!/(3-2)! = 3!/1! = 2 \cdot 3 = 6$.

Также получается, если число оканчивается 6-кой: $A_3^2 = 6$.

Общее число вариантов $6 + 6 = 12$.

Ответ: 12.

Задача 3

На прививку в медпункт отправились 7 друзей. Сколькими разными способами они могут встать в очередь у медицинского кабинета?

Решение. Число способов встать в очередь равно числу перестановок 7-ми друзей в пределах этой очереди: $P_7 = 7! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 = 5040$.

Ответ: 5040.

Синькевич В. Н.

Белорусский национальный технический университет

Изучение влияния оценки учебных достижений на мотивацию студентов и его изменение в зависимости от формы оценивания необходимо для реализации политики, которая содействует непрерывному образованию личности. Однако, несмотря на широкую признанность взаимосвязи оценки с мотивацией студентов, четкого представления об этом в настоящее время не обнаружено [1], поскольку исследователи сосредоточились в основном на связи внешней (рейтинговой и др.) и внутренней формы, самооценки с мотивацией студентов (С.М. Бутакова, Н.Е. Чеботарева, В.Я. Ковальчук и др.).

Из-за распространенности и значимости внешней формы оценки, студенты постоянно сталкиваются с показателями своей успеваемости. Но отметки не являются единственной формой оценки, например, письменные комментарии часто сопровождают или заменяют их.

Результаты современных зарубежных исследований (А.С. Koenka, Pulfrey и др.) показали, что комментарии, характеризующие учебные достижения студентов, их прогресс в обучении, положительно сказываются на развитии внутренней мотивации. Несмотря на эти преимущества, получение невысоких отметок и отрицательных комментариев вместе приводит к снижению самооценки студентов [1]. Поэтому такая форма оценки не должна быть частой. Комментарии, сосредоточенные на сравнении успеваемости студентов с нормативными показателями, положительно могут воздействовать на развитие мотивации только у сильных студентов. Внешняя форма оценки, по признанию некоторых исследователей (А. Kohn), может быть полезна в плане того, что она стимулирует неадаптивные профили мотивации студентов [1].

Менее адаптивные мотивационные эффекты связаны с отсутствием оценки и влияние ее варьируется в зависимости от этапа оценивания и ожиданий студентов [1], что требует дальнейших исследований.

Таким образом, влияние оценки на мотивацию студентов не является однозначным. Современная форма оценки учебных достижений требует поиска более многогранного решения.

Подходы к решению нестандартных задач с обратными тригонометрическими функциями

Чернявская С. В., Якимович В. С.

Белорусский национальный технический университет

Представленные задачи показывают, как применить школьные знания об обратных тригонометрических функциях в нестандартных ситуациях.

Задача 1. Доказать, что $\arcsin(|\sin x|) = \arccos(|\cos x|)$ при всех $x \in \mathbf{R}$.

Решение. $f(x) = \arcsin(|\sin x|)$, $g(x) = \arccos(|\cos x|)$.

Функции f и g определены при всех $x \in \mathbf{R}$, являются четными и периодическими с периодом $T = \pi$ (в частности, для первой функции: $f(x + \pi) = \arcsin(|\sin(x + \pi)|) = \arcsin(|-\sin x|) = \arcsin(|\sin x|) = f(x)$).

В силу четности и периодичности функций, достаточно доказать исходное равенство только для $x \in [0; \pi/2]$, тогда для $x \in [-\pi/2; 0]$ и для $x \in [-\pi/2; \pi/2]$ оно тоже будет справедливо. Так как длина последнего отрезка равна π , то равенство $f(x) = g(x)$ будет выполняться при всех $x \in \mathbf{R}$. Так как $\sin x \geq 0$, $\cos x \geq 0$ при $x \in [0; \pi/2]$, то $|\sin x| = \sin x$ и $|\cos x| = \cos x$. Так как $[0; \pi/2] \in [-\pi/2; \pi/2]$, то $\arcsin(\sin x) = x$. Так как $[0; \pi/2] \in [0; \pi]$, то $\arccos(\cos x) = x$ при $x \in [0; \pi/2]$.

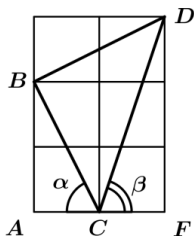
Значит, $f(x) = \arcsin(|\sin x|) = \arcsin(\sin x) = x$ и $g(x) = \arccos(|\cos x|) = \arccos(\cos x) = x$. Следовательно, $f(x) = g(x)$ при $x \in [0; \pi/2]$, и тогда в силу четности и π -периодичности этих функций равенство $f(x) = g(x)$ выполнено для всех $x \in \mathbf{R}$.

Задача 2. Вычислить значение выражения

$$\arctg 1 + \arctg 2 + \arctg 3.$$

Решение. Пусть $\arctg 2 = \alpha$, $\arctg 3 = \beta$.

Тогда $\operatorname{tg} \alpha = 2$, $\operatorname{tg} \beta = 3$; $\alpha, \beta \in (0; \pi/2)$. Построим прямоугольник с соотношением сторон 3 : 2 (см. рис.).



Из треугольника ABC следует, что $\angle ACB = \alpha$, из треугольника DFC следует, что $\angle FCD = \beta$.

Легко вычислить, что $BC = BD = \sqrt{5}$, $DC = \sqrt{10}$. Поэтому треугольник DCB прямоугольный и равнобедренный. Следовательно, $\angle DCB = 45^\circ = \arctg 1$.

Поэтому $\arctg 1 + \arctg 2 + \arctg 3 = 45^\circ + \alpha + \beta = \angle ACF = 180^\circ$.

В предложенных решениях используются определение и свойства обратных тригонометрических функций.

**Методы математического
моделирования
в научных и прикладных
исследованиях**

Применение операторов бесконечного дифференцирования в теории разностных схем

Акимов В. А.

Белорусский национальный технический университет

Заменим, встречающийся в теории разностных схем оператор бесконечного дифференцирования (сдвига) e^{ad} , на оператор

$sh(ad_x)^* f(x) = 0.5(f(x+a) - f(x-a))$ в степени m , т.е. $sh^m(ad_x)$, где a – расстояние между узлами $d_x = \frac{d}{dx}$ производная по переменной x ,

$f(x)$ произвольная функция. Используя бином Ньютона, а также свойство оператора сдвига, непосредственно получим: $sh^m(ad_x)^* f(x) =$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2^m} \left[f(x+ma) - \frac{m}{1} f(x+ma-2a) + \frac{m(m-1)}{1 \cdot 2} f(x+ma-4a) - \right. \\ & \left. - \frac{m(m-1)(m-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} f(x+ma-6a) + \dots + \right. \\ & \left. + (-1)^k \frac{m(m-1)(m-2) \dots (m-k+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots k} f(x+ma-2ka) + \dots + \right. \\ & \left. + (-1)^{m-2} \frac{m(m-1)}{1 \cdot 2} f(x-ma+4a) + (-1)^{m-1} \frac{m}{1} f(x-ma+2a) + \right. \\ & \left. + (-1)^m f(x-ma) \right] = \frac{1}{2^m} \sum_{k=0}^m (-1)^{m-k} C_n^k f(x-ma+2ka) \end{aligned} \quad (1)$$

Если в качестве пробной функции, взять используемую в рядах Фурье функцию $f_n(x) = \sin nx$, то можно установить

$$sh^m ad_x^* \sin nx = (-1)^m \sin^m na \cdot \cos(nx + m\pi/2) \quad (2)$$

Если теперь в качестве пробной функции взять функцию $f_n^m(x) = x^m \sin nx$ и положить $a = \pi$, то получим:

$$sh^m(ad_x)^* \left[x^m \sin nx \right] = (-1)^m m! \pi^m \sin nx \quad (3)$$

Окончательный результат таков: выведены новые формулы (1)-(3), которые можно использовать в теории разностных схем для получения более точных аппроксимаций.

**Об одном новом решении дифференциального уравнения
k-го порядка**

Акимов В. А.

Белорусский национальный технический университет

В результате опыта работы с кратными дифференциальными операторами [1] автор приходит к следующим утверждениям:

Теорема 1. Частное решение дифференциального уравнения произвольного порядка $(d_x^2/\delta_n^2 + 1)^k * f(x) = \sin \delta_n x$ имеет вид:

$$f^*(x) = A_k x^k \sin \delta_n x, \text{ если } k - \text{четное и } f^*(x) = A_k x^k \cos \delta_n x,$$

если k – нечетное натуральное число.

Доказательство данной теоремы основано на лемме

Лемма. Если $1 \leq m \leq k-1$, то $(d_x^2/\delta_n^2 + 1)^k * [x^m \cos \delta_n x] = 0$,

смысл доказательства которой, базируется на том основании, что после однократного применения оператора, стоящего в круглых скобках, степень полинома понижается на единицу.

На основании теоремы 1 можно сформулировать и теорему 2.

Теорема 2. Общее решение дифференциального уравнения

$$(d_x^2/\delta_n^2 + 1)^k * f(x) = \sin \delta_n x \text{ имеет вид:}$$

$$f(x) = \sum_{m=0}^{m=k-1} x^m (C_m \sin \delta_n x + D_m \cos \delta_m x) + A_k x^k \sin \delta_n x, \text{ если } k - \text{четное и}$$

$$f(x) = \sum_{m=0}^{m=k-1} x^m (C_m \sin \delta_n x + D_m \cos \delta_m x) + A_k x^k \cos \delta_n x, \text{ если } k - \text{нечетное}$$

натуральное число. Причем $A_k = -\frac{\delta_n^k}{2^k k!}$, если k – нечетное и $A_k = \frac{\delta_n^k}{2^k k!}$,

если k – четное.

Нахождение частного решения полностью основано на теореме 1. Попутно заметим, что именно в этом и заключается роль первой теоремы, так как нахождение частного решения, например методом вариации произвольной постоянной, носит весьма проблематичный характер.

**Об одном классе новых аналитических решений уравнения
Кортевега–де Фриза**

Андрушкевич И. Е.
ОИПИ НАН Беларуси

Уравнение Кортевега–де Фриза (уравнение в частных производных третьего порядка с квадратичной нелинейностью) имеет вид [1]

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} - 6u \frac{\partial u}{\partial x} = 0. \quad (1)$$

Принято считать, что, благодаря численному моделированию и методу обратной задачи рассеяния [1], уравнение (1) детально изучено. Среди известных его аналитических решений наибольший интерес вызывают одно- и многосолитонные решения.

Солитонное решение уравнения (1) имеет вид (ϑ, c_0 – параметры):

$$u(x, t) = \frac{-\vartheta^2}{2 \cosh^2 \left\{ \frac{1}{2} (\vartheta x - \vartheta^3 t - c_0) \right\}} = \frac{-2\vartheta^2}{2 + e^{\vartheta x - \vartheta^3 t - c_0} + e^{-\vartheta x + \vartheta^3 t + c_0}}, \quad (2)$$

Обобщенный метод Фурье разделения переменных [2] и разработанный на его основе алгоритм построения аналитических решений нелинейных уравнений математической физики [3] позволили нам получить трехпараметрическое семейство солитонных решений (ϑ, c_0, c_1 – параметры):

$${}^{(1)}u(x, t) = \frac{-4c_1 \vartheta^4}{4c_1 \vartheta^2 - e^{\vartheta x - \vartheta^3 t - c_0} - 4c_1^2 \vartheta^4 e^{-\vartheta x + \vartheta^3 t + c_0}}. \quad (3)$$

Очевидно, что полученное нами решение (3) является более общим, чем хорошо известное решение (2). Действительно, полагая в (3) $c_1 = -(2\vartheta^2)^{-1}$, получаем семейство солитонных решений (2).

Понятие случайной величины в курсе «Основы высшей математики» для студентов специальности таможенное дело

Барановская С. Н., Кепчик Н. В.
Белорусский государственный университет

Курс высшей математики, читаемый авторами на факультете международных отношений для студентов специальности таможенное дело, состоит из трех основных частей: линейной алгебры, математического анализа и теории вероятностей. Основное внимание в данном докладе хотелось бы уделить третьему разделу. Известно, что вероятностные законы и понятия являются основой математического образования и подготовки будущих специалистов-таможенников, т.к. основная таможенная отчетность строится и развивается на вероятностно-статистической базе. А важнейшим понятием теории вероятностей является случайная величина.

В соответствии с Таможенным кодексом Республики Беларусь таможенные службы осуществляют учет внешней торговли и специальный таможенный учет. В учете внешней торговли предметом наблюдения и изучения является экспорт и импорт товаров в количественном и стоимостном выражении, другими словами, в данном случае изучаются определенного вида случайные величины.

На лекциях по теории вероятностей вводятся основные понятия и теоремы раздела «Случайные величины». Все полученные теоретические знания обязательно закрепляются на примерах профессиональной направленности. В качестве домашнего задания даются не только уже готовые условия задач, а и предлагается студентам составить свои задачи с учетом избранной специальности. Таким образом, осуществляется плавный переход от задач, понятных на бытовом уровне, к профессионально ориентированным задачам. Кроме того, учащимся предлагается написать реферат, который является в некотором роде одной из первых научно-исследовательских работ. При выполнении этой работы студенты учатся работать с различными источниками информации, подбирать и перерабатывать найденный материал, оформлять рефераты, создавать презентации, выступать перед большой аудиторией и т. д.

Создавая и работая с учебно-методическим комплексом раздела «Теория вероятностей и математическая статистика», авторы постоянно помнят, что комплекс должен учитывать профессиональную направленность, изменяться и совершенствоваться под влиянием научных достижений, образовательных реформ.

Бачило Е. Д.

Белорусский национальный технический университет

Высшая математика является особой образовательной дисциплиной, которая служит фундаментом для изучения других дисциплин. Ей отводится особая роль в становлении и развитии научного мировоззрения студентов, воспитании их интеллекта, в совершенствовании умственных способностей. Однако педагогам высшей школы хорошо известно положение, в которое поставлены все участники образовательного процесса: сокращение количества часов, выделяемых на математику; разрыв между уровнем математических знаний выпускников школы и требованиями вузов; углубление разрыва между уровнем математических знаний выпускников вузов и объективными потребностями современной науки и технологий. Поиск эффективных методов обучения курсу высшей математики – одно из важнейших направлений работы преподавателей вузов.

Профессионала образует его собственная деятельность. Основная задача вуза – «научить умению учиться», а «умение учиться» наиболее полно развивается у студентов во время их самостоятельной работы.

Одним из самых важных факторов в пробуждении познавательной и творческой активности студента является наличие стимула в осуществлении умственной активности. Активизировать работу студентов, повысить эффективность обучения позволяет балльно-рейтинговая система оценок, суть которой состоит в том, что всем заданиям, которые выполняют студенты, присваивается определенное количество баллов. Баллы получают за посещение занятий, выполнение домашних заданий, контрольные и тестовые работы и т.д. Сумма набранных за семестр баллов учитывается при выставлении экзаменационной оценки.

На базе лекций и практических занятий должно предлагаться большое количество задач для самостоятельного решения и разнообразные материалы для самообразования и самоконтроля. Это могут быть специальные рабочие тетради, которые распространяются электронным образом в виде файлов. Студенты должны принимать непосредственное участие в разработке таких пособий.

Компьютерные математические системы также являются идеальным средством для предоставления условий к поисковому процессу, поскольку приводят к резкому расширению математической практики.

Благодаря методическим комплексам лекция позволит направить самостоятельную работу студентов в нужное русло.

Методическая роль обучающих задач для организации самостоятельной познавательной деятельности студентов при обучении математике на технических специальностях

¹Вакульчик В. С., ²Капусто А. В., ¹Завистовская Т. И.

¹Полоцкий государственный университет

²Белорусский национальный технический университет

Белорусская высшая школа по ряду специальностей перешла в настоящее время на четырехлетнее обучение. В связи с этим, для большинства технических специальностей в учебных планах на изучение математики значительно сокращено количество аудиторных часов. Поэтому, в целях обеспечения в оптимальные сроки современного качества образования, возникает объективная необходимость качественного обновления, совершенствования и модернизации методических систем обучения дисциплине, что приводит также к усилению роли управляемой самостоятельной работы. Особенно актуальным становится принцип воспитания потребности и навыка к самообразованию, предполагающий создание такого комплекса педагогических условий, которые побуждали бы обучающегося к самостоятельным занятиям, самовоспитанию, создавали бы для этого основу, усиливали бы ответственность личности. В определенной мере обозначенные проблемы могут быть решены с помощью специальным образом спроектированных средств обучения [1], [2]. Названные методические издания включают в себя, в частности, обучающие задачи, которые позволяют студентам самостоятельно организовать мыслительную деятельность по переработке математической информации, помогают им изучить основные типовые задачи минимально-базового уровня. Они дополняют задачи и примеры, приведенные в теоретической части представляемых изданий, и создают предпосылки, при желании студентов, для овладения соответствующим математическим аппаратом на более высоких уровнях познавательной самостоятельной деятельности, позволяют, тем самым, освоить обучающемуся практическую часть информации либо самостоятельно, либо под руководством преподавателя.

**К вопросу о преподавании курса математики
студентам строительных специальностей**

Глушанкова Л. Я., Голубева И. А., Мороз О. А.
Белорусский национальный технический университет

Важно установить взаимосвязь содержания математического образования с содержанием дисциплин строительных специальностей, разработать совокупность профессионально ориентированных математических задач и внедрить их в учебный процесс. Это однозначно позволит повысить уровень профессиональной подготовки данного специалиста и к тому же, повысит интерес обучаемого к математике как к предмету.

И поэтому, большую роль играет выделение в курсе математики узловых тем, применяемых в конкретных строительных специальностях. Такими разделами в первую очередь, безусловно, являются «Дифференциальные уравнения» и «Элементы уравнений математической физики». Так, для студентов факультета транспортных коммуникаций представляет интерес задача о расчете расстояния между опорами железнодорожного моста. У студентов строительного факультета вызовет интерес задачи об упругой линии балок. А для студентов факультета энергетического строительства можно предложить задачи о вентиляции производственного помещения, об очищении и ионизации газов. И так далее. В разделе «Элементы уравнений математической физики» интерес представляют задачи, связанные с ограждающими строительными конструкциями, математической моделью которых является краевая задача для уравнения теплопроводности в обобщенном виде [1].

Конечно, и в других разделах математики можно найти множество прикладных задач. «Аналитическая геометрия» – в строительной механике использовался линейчатый характер однополостного гиперболоида и так далее.

А поскольку студенты часто неспособны записать самостоятельно модель поставленной задачи, определить метод её решения, а также выполнить необходимые расчеты с использованием информационно-технологических средств, то главное внимание надо уделить основам организации работы студентов, которые не только помогают им в решении вышепоставленных задач, но и повышают интерес к предмету.

**Обучение применению математических объектов
при изучении специальных дисциплин**

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. Сюда входят те математические объекты и методы, которые наиболее часто и эффективно используются при изучении основных дисциплин данной специальности. С математической точки зрения это означает решение соответствующих прикладных задач, связанных с инженерно-строительной специальностью, с помощью такого аппарата. Основная дидактическая работа, относящаяся к этому элементу содержания математического образования, выполняется при изучении специальных дисциплин. 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. Эта работа будет более успешной, если весь процесс обучения математике базируется на концепции профессиональной направленности преподавания математики.

Основным дидактическим приемом в методике преподавания математики студентам инженерно-строительных специальностей для эффективного применения математических объектов является принцип адаптации.

Этот принцип обладает следующими атрибутами: селективностью, акцентированием, интерпретацией, моделированием и сотрудничеством, которые в своей совокупной реализации придают курсу математики явно выраженную прикладную ориентацию. 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 полезности математики.

**Аналитическое представление собственных значений
персимметричной матрицы**

Демко В. М.
ОИПИ НАН Беларуси

В частном случае персимметричной матрицы, когда симметрия имеет место и относительно побочной диагонали, алгоритмы диагонализации симметричных матриц [1] являются избыточными. Например, *QL*-алгоритм требует предварительного приведения исходной матрицы к трехдиагональной форме и представляет собой итерационную процедуру.

В данной работе предложено аналитическое представление собственных значений персимметричной матрицы размерности $N = 2^k$ ($k = 1, 2, \dots$) на основе ортогональных операторов вращения [2].

Предположим, что задана матрица $B = AA^T$, где A – циркулянтная матрица. Тогда для $N = 16$ собственные значения матрицы B имеют вид:

$$\begin{aligned} d_{11}^{(16)} &= f_{11} + 2(f_{12} + f_{13} + f_{14} + f_{15} + f_{16} + f_{17} + f_{18}) + f_{19}, & d_{22}^{(16)} &= f_{11} - 2(f_{13} - f_{15} + f_{17}) + f_{19}, \\ d_{33}^{(16)} &= f_{11} + 2((f_{12} - f_{14})s_0 - f_{15} - (f_{16} - f_{18})s_0) + f_{19}, & d_{44}^{(16)} &= f_{11} - 2((f_{12} - f_{14})s_0 + f_{15} - (f_{16} - f_{18})s_0) + f_{19}, \\ d_{55}^{(16)} &= f_{11} - f_{19} + (f_{12} - f_{18})(\sin \beta_1 + \gamma_1 \cos \beta_1) - 2(f_{13} - f_{17})s_0 + (f_{14} - f_{16})(\cos \beta_1 - \gamma_2 \sin \beta_1) \end{aligned}$$

$$d_{66}^{(16)} = f_{11} - f_{19} - (f_{12} - f_{18})(\sin \beta_1 + \gamma_1 \cos \beta_1) - 2(f_{13} - f_{17})s_0 - (f_{14} - f_{16})(\cos \beta_1 - \gamma_2 \sin \beta_1)$$

$$d_{77}^{(16)} = f_{11} - f_{19} + (f_{12} - f_{18})(\sin \beta_2 + \gamma_1 \cos \beta_2) + 2(f_{13} - f_{17})s_0 + (f_{14} - f_{16})(\sin \beta_2 - \gamma_1 \cos \beta_2)$$

$$d_{88}^{(16)} = f_{11} - f_{19} - (f_{12} - f_{18})(\sin \beta_2 + \gamma_1 \cos \beta_2) + 2(f_{13} - f_{17})s_0 - (f_{14} - f_{16})(\sin \beta_2 - \gamma_1 \cos \beta_2)$$

$$\gamma_1 = 1 - 2s_0, \quad \gamma_2 = 1 + 2s_0, \quad s_0 = \sin(\pi/4),$$

$$d_{99}^{(16)} = d_{88}^{(16)}, \quad d_{10,10}^{(16)} = d_{77}^{(16)}, \quad d_{11,11}^{(16)} = d_{66}^{(16)}, \quad d_{12,12}^{(16)} = d_{55}^{(16)}, \quad d_{13,13}^{(16)} = d_{44}^{(16)}, \quad d_{14,14}^{(16)} = d_{33}^{(16)},$$

$$d_{15,15}^{(16)} = d_{22}^{(16)}, \quad d_{16,16}^{(16)} = f_{11} - 2(f_{12} + f_{14} + f_{16} + f_{18} - (f_{13} + f_{15} + f_{17})) + f_{19},$$

где f_{1j} – элементы матрицы B .

Некоторые методы организации и контроля самостоятельной работы при изучении курса «Математика».

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 и психологически не готовы к самостоятельной деятельности. Основные формы организации работы студентов, призванные решать эти проблемы, это аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работы, которые тесно взаимосвязаны и дополняют друг друга. Внеаудиторная самостоятельная работа играет главную роль и делится на обязательную, включающую самоподготовку студентов к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, и необязательную, связанную с углубленным изучением некоторых разделов математики.

Обязательная самостоятельная работа является основной и представляет собой логическое завершение аудиторных занятий. Она включает в себя проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям. Эта работа охватывает всех студентов и её результативность зависит от умения преподавателя её организовать. Поэтому целесообразно на первых занятиях рассказать студентам об основных методах и приемах конспектирования, работы с книгой, умению выделить главное из большого объема информации, приемам запоминания сложных формул.

Необязательная внеаудиторная самостоятельная работа включает проработку научной литературы и написание рефератов, а также подготовке к предметной олимпиаде. Вторым видом организации самостоятельной работы является аудиторная, которая реализуется при чтении лекций и проведении практических занятий. Основной акцент необходимо делать на понимание студентами предлагаемого материала, а не на его запоминание. Для этого самостоятельное решение задач всеми студентами сопровождается комментарием отдельных этапов решения. Такая форма проведения практических занятий имеет большую обучающую ценность, несет значительный элемент самостоятельности и способствует развитию логического мышления студентов. 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.

Некоторые аспекты организации самостоятельной работы студентов в БНТУ

Ерошевская Е. Л.

Белорусский национальный технический университет

Самостоятельная работа студентов представляет одну из форм учебного процесса, являясь существенной его частью. В настоящее время сокращается количество аудиторных часов на изучение такой фундаментальной дисциплины как математика и поэтому важную роль приобретает самостоятельная работа студентов.

Необходимо научить использовать полученные ранее студентом фундаментальные знания по дисциплинам в своей практической деятельности.

Самостоятельную работу можно рассматривать в двух вариантах. Первый: а) самостоятельная работа, организуемая самим студентом вне аудитории, которая контролируется им самим, согласно мотивациям своих познавательных потребностей; б) управляемая самостоятельная работа студентов. Второй вариант – это выделение аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы.

Важное место отводится управляемой самостоятельной работе студентов, так как навыки самостоятельной работы создают условия для будущего специалиста быть востребованным на рынке труда.

На кафедре «Высшая математика № 3» БНТУ по изучаемым разделам изданы учебно-методические пособия, в которых излагается теоретический материал и практические задания для аудиторных занятий и задания для внеаудиторной работы студентов. Задачи предлагаются двух или трех уровней в зависимости от тематики и выделенных часов на прохождение определенной темы.

Организирующая роль в самостоятельной внеаудиторной учебной работе студентов принадлежит преподавателю, но эта помощь должна быть ограничена созданием условий для внеаудиторной самостоятельной работы и контролем ее результатов.

Анализируя учебные программы по математике для технического университета, можно указать на наличие следующих форм самостоятельной работы: ведение конспекта; коллоквиумы, тестирование, диктанты, работа с учебным материалом после аудиторных занятий по расписанию; индивидуальные домашние задания, которые имеют целью развить познавательную активность студентов.

Эти формы позволяют охватывать разные уровни активности студентов и виды итоговой отчетности.

**К вопросу реализации профессиональной направленности
обучения математике студентов специальности
«Автомобильные дороги»**

Забавская А. В.

Белорусский национальный технический университет

Проблема качественной профессиональной подготовки специалиста – главная задача вузов в любой стране мира. Применение поликонтекстной учебной деятельности студентов по Шкериной Л.В. представляет собой «некий кластер междисциплинарных, практико-ориентированных, профессионально-направленных и региональных заданий, при выполнении которых необходимо интегративно использовать знания и методы нескольких учебных дисциплин» [1, с.33], позволило нам выявить *пути реализации профессиональной направленности обучения математике* инженеров-строителей автодорожного хозяйства. Они включают:

- практико-ориентированное обучение математике, как составного компонента прикладной направленности, реализуемого посредством решения математических прикладных задач межпредметного содержания со специальными дисциплинами;
- профессионально-ориентированное обучение математике, основанное на решении математических задач в условиях моделирования профессиональных ситуаций (деятельности) инженера дорожной отрасли.

При этом анализ, отбор и внедрение в учебный процесс практико-ориентированных задач по математике, соответствующих содержанию обучения инженеров-строителей дорожного профиля, осуществляется с помощью учебников по высшей математике. Профессионально-ориентированные задачи по математике создаются (моделируются) на основе теоретического и практического материала, предлагаемого учебниками и иными материалами по общетехническим и специальным дисциплинам для данной специальности. Предложенный методический подход математической подготовки будущих инженеров может выступить эффективным инструментом повышения знаний студентов также для многих дисциплин естественно-научного цикла технического вуза.

**О некоторых свойствах ограниченных решений
почти периодических многомерных дискретных систем**

Завистовская Т. И., Яско Ф. Ф.

Полоцкий государственный университет

Изучается вопрос о почти периодичности ограниченных решений линейных и нелинейных многомерных дискретных систем. Аналогичным образом, как в теории дифференциальных уравнений, строится H -класс почти периодических дискретных систем, и изучаются свойства их ограниченных решений.

Введем следующие обозначения: Z – кольцо целых действительных чисел, C^m – m -мерное комплексное пространство, M – пространство ограниченных вектор-функций $x(n): Z^m \rightarrow C^m$ с нормой $\|x\|_M = \sup_{n \in Z^m} \|x(n)\|_{C^m}$.

$$\text{Пусть } h(n+m_p, x(n+k_1), \dots, x(n+k_q)) = \theta(n \in Z^m, p=1, 2, \dots), \quad (1)$$

где $h(n+m_p, y_1, \dots, y_q) \rightarrow g(n, y_1, \dots, y_q)$ при $p \rightarrow \infty$ равномерно по $n \in Z^m$ и $y_1, \dots, y_q \in B$ (B – компактное множество). В таком случае будем говорить, что система (1) при $p \rightarrow \infty$ сходится к системе

$$g(n, x(n+k_1), \dots, x(n+k_q)) = \theta(n \in Z^m), \quad (2)$$

где m обозначает последовательность $\{m_1, m_2, \dots\}$.

Для краткости будем называть системы (1) присоединенными к системе (2). Заметим, что каждая присоединенная система является почти периодической, т.к. для произвольной последовательности из последовательности функций $\{x(n+r_p)\}$ можно выделить сходящуюся равномерно по $n \in Z^m$ подпоследовательность.

Теорема. Если почти периодическая система (2) имеет ограниченное решение $x(n) \in B$ при $n \in Z^m$ и все ограниченные решения $y(n) \in B$ при $n \in Z^m$ присоединенных систем (1) являются разделенными в $Z^m \times B$, то они равномерно разделены в $Z^m \times B$, т.е. существует число $\rho > 0$, общее для всего H -класса и такое, что для любых двух различных ограниченных решений $y^{(1)}(n) \in Z^m \times B$ и $y^{(2)}(n) \in Z^m \times B$ произвольной системы (1)

$$\inf_{n \in Z^m} \|y^{(1)}(n) - y^{(2)}(n)\|_{C^m} \geq \rho > 0.$$

Развитие анализа безубыточности деятельности строительных организаций в долгосрочном периоде с учетом фактора дисконта

¹Капусто А. В., ²Костюкова С. Н.

¹Белорусский национальный технический университет

²Полоцкий государственный университет

Анализ безубыточности актуален для всех субъектов хозяйствования. Обобщение теории и практики при проведении анализа безубыточности в строительстве в краткосрочном периоде до года выполнено в [1].

Развитие анализа безубыточности строительных организаций видится в разработке методического инструментария для проведения анализа безубыточности деятельности строительных организаций в долгосрочном периоде: многие договоры подряда имеют долгосрочный характер – строительство ведется несколько лет. Следовательно, объемы работ, длящиеся более года, будут приносить маржинальную прибыль (доход) в будущих годах согласно проектно-сметной документации и графикам производства работ. В этой связи необходимо особое внимание уделить горизонту анализа, рассчитанному на долгосрочный период, и в обязательном порядке учесть влияние фактора дисконта.

Отметим, что в настоящее время еще не определена единая методика выбора ставки дисконтирования. Практикуется обоснование ее значений в зависимости от: ставки рефинансирования Нацбанка Республики Беларусь; наименьшей ставки по кредитам коммерческих банков; среднерыночной стоимости ресурсов на рынке капитала; нормы рентабельности по субъекту хозяйствования и др. [2, с. 41]. Кроме того, необходимо учесть фактор инфляции, которая может существенно повлиять на оценку доходности.

Таким образом, новый аналитический инструментарий позволит: подрядчикам – оценивать эффективность своей деятельности в долгосрочной перспективе и быть более конкурентоспособными по сравнению с конкурентами; заказчикам – принимать грамотные управленческие решения по оценке эффективности инвестиций в строительство посредством идентификации позиции подрядчика на рынке строительно-монтажных работ в долгосрочном периоде.

Требования к прикладным задачам в обучении математике студентов строительных специальностей

Кузнецова А. А.

Белорусский национальный технический университет

Существующая конкуренция на рынке труда ориентирована на отбор специалистов по уже сформированному набору компетенций и компетентностей, необходимых для успешного вхождения в профессиональную жизнь и решения производственных задач. Поэтому для системы образования, в целом, и отдельных дисциплин образовательного процесса, в частности, особую значимость приобретает усиление качества подготовки с позиции будущей профессиональной деятельности выпускника. В разрезе математической подготовки образовательный стандарт требует от будущего инженера строительной специальности знания основных математических методов решения инженерных задач и умения в построении математических моделей физических процессов. Достижение указанной цели возможно при усилении прикладной направленности в общей реализации компетентностного подхода в обучении [1].

Прикладная направленность в обучении математике предполагает использование соответствующего подхода к изложению теоретического материала и подбору задач для решения на практических занятиях или выполнения творческих заданий студентами. Для более эффективного влияния на результат можно указать ряд требований к содержанию прикладных задач. А именно, задачи должны описывать реальные процессы, явления, события; иметь формулировку в терминах будущей профессиональной деятельности; соответствовать изученному материалу как по математике, так и по другим дисциплинам; использовать математический аппарат для решения; демонстрировать приложения математики в других общеобразовательных дисциплинах или специальных; применять доступный инструментарий выполнения инженерных расчетов с привлечением информационно-коммуникационных технологий. Помимо прикладной направленности обучения, выполнение данных требований позволит усилить междисциплинарную связь в подготовке будущих инженеров, что обеспечит в итоге достижение поставленных целей обучения.

Работа выполнена в соавторстве с Капусто А. В.

**О классификации задач теории управления
асимптотическими инвариантами на основании матрицы Коши
замкнутой линейной дифференциальной системы**

Козлов А. А.

Полоцкий государственный университет

Рассмотрим линейную управляемую систему

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u, \quad x \in \mathbb{P}^n, \quad u \in \mathbb{P}^m, \quad t \in \mathbb{R}, \quad (1)$$

с локально суммируемыми и интегрально ограниченными коэффициентами. Если управление u в системе (1) задано в виде $u = U(t)x$, где $(m \times n)$ – матрица U измерима и ограничена, то (1) переходит в систему

$$\dot{x} = (A(t) + B(t)U(t))x, \quad x \in \mathbb{P}^n, \quad t \in \mathbb{R}. \quad (2)$$

Для любых $r > 1$ и $0 < \rho \leq 1$ обозначим через $H(r, \rho)$ совокупность вещественных $n \times n$ -матриц, удовлетворяющих неравенствам $\|H - E\| \leq r$ и $\det H \geq \rho$, где $\|\cdot\|$ – спектральная норма матриц; $E = \text{diag}(1, \dots, 1)$. Пусть $L(r, \rho)$ и $U(r, \rho)$ – множество всех верхне- и нижнетреугольных матриц из $H(r, \rho)$ с положительной диагональю; $LU(r, \rho) = L(r, \rho) \cup U(r, \rho)$.

Теорема. Система (2) обладает свойством: **1)** глобального управления показателями Ляпунова если и только, если найдется $T > 0$, при котором для любых $0 < \mu_1 \leq \dots \leq \mu_n$ существует $d = d(\mu_1, \dots, \mu_n)$, что при любом $t_0 \geq 0$ на отрезке $[t_0, t_0 + T]$ найдутся треугольная $n \times n$ -матрица H с диагональю (μ_1, \dots, μ_n) , удовлетворяющая оценке $\|H\| \leq d$ и управление U с оценкой $\|U(t)\| \leq d$ для всех $t \in [t_0, t_0 + T]$, при которых справедливо равенство $X_U(t_0 + \sigma, t_0) = H$; **2)** глобальной ляпуновской приводимости; **3)** равномерной глобальной достижимости, если и только, если найдется $T > 0$, что для всех $r > 1$ и $0 < \rho \leq 1$ существует такое $\theta = \theta(r, \rho) > 0$, что при любых $t_0 \geq 0$ и $H \in L(r, \rho)$ или $H \in U(r, \rho)$ ($H \in LU(r, \rho)$) найдутся такие ортогональная $n \times n$ -матрица F и управление U с оценкой $\|U(t)\| \leq \theta$ для всех $t \in [t_0, t_0 + T]$, обеспечивающие равенство $X_U(t_0 + \sigma, t_0) = FHF^{-1}$.

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 $\sum_{\nu=1}^h \zeta(q_\nu) \equiv q_\mu - k_\mu \pmod{\alpha}$ (α -части периодов), $\alpha \in (0;1)$, где все обозначения были взяты из [1], [2], [3] для римановой поверхности рода $h \geq 1$ с краем.

Из работы [1] известно, что классическая проблема обращения Якоби для римановой поверхности с краем, реализация которой представлена как пространственная многосвязная область с h «дырками», решается векторной тэта-функцией Римана $\theta(\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e}) = \sum_{\mathbf{n} \in \mathbf{Z}^h} \exp\{-\pi \cdot {}^t \mathbf{n} \mathbf{B} \mathbf{n} + 2\pi i \cdot {}^t \mathbf{n} (\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e})\}$, которая возникает при подстановке векторного аргумента $\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e}$ в качестве аргумента в классическую тэта-функцию, где $\mathbf{w}(z) = (w_1(z), \dots, w_h(z))$ – вектор базисных абелевых дифференциалов 1-го рода, $\mathbf{e} = (e_1, \dots, e_h)$ – вектор т.н. римановых констант, \mathbf{B} – матрица B -периодов, а верхний индекс t обозначает операцию транспонирования матрицы, записанной после него. Нули такой тэта-функции Римана дают решение стандартной проблемы обращения Якоби. Однако в связи с тем, что параметр α может принимать так же и иррациональные значения, возникает некоторая неопределенность в построении аналога тэта-функции Римана.

Следует отметить, что полной аналогии со случаем $\lambda=1$, для которого известно выражение для тэта-функции Римана, которая, согласно своим стандартным свойствам квазипериодичности, решает проблему обращения Якоби, здесь не наблюдается.

**О междисциплинарных связях при подготовке специалистов
технического профиля**

Мателенок А. П.

Полоцкий государственный университет

В связи с тем, что, в настоящее время традиционного научно-методического арсенала для формирования современных компетенций у выпускников вузов уже недостаточно, предлагается, с учетом анализа психолого-педагогических исследований и научно-методической литературы, следующий вариант инновационной образовательной системы и технологии – УМК (в широком смысле). Он является одним из эффективных методических средств, регламентирующих и организующих лекционные и практические занятия, аудиторную и внеаудиторную СРС в процессе обучения математике на технических специальностях, и обладает потенциалом взаимосвязанного формирования у студентов компетенций (академических, социально-личностных, профессиональных) и навыков самостоятельной познавательной деятельности оптимальным образом.

Одной из особенностей представленного УМК является его прикладной характер. Его компоненты позволяют организовать перенос акцента, в первую очередь, на наиболее важные понятия и темы содержания математической подготовки, которые необходимы студентам для изучения общепрофессиональных и специальных предметов; усилить внимание к методам применения изучаемого математического аппарата для решения практико-ориентированных задач межпредметного содержания. Более того, компоненты «Приложения, разработанные в системах компьютерной алгебры» и «Материалы для творческих заданий» находятся в тесной взаимосвязи с информатикой, численными методами и физикой. Опыт применения УМК (в широком смысле), обеспечивающего усиление междисциплинарных связей в учебном процессе, подтверждает его эффективность и дает основания считать его принципиально важной составляющей методической системы формирования профессиональной компетентности специалиста на основе междисциплинарного подхода.

**Интегрирование нелинейного дифференциального уравнения,
описывающего дислокацию в цепи частиц**

Новик Ю. Ф.
ОИПИ НАН Беларуси

Ключевое значение в различных исследованиях играют универсальные физические модели, способные описать большое разнообразие различных физических явлений. Твердые тела обычно описываются сложными моделями с большим числом степеней свободы и, следовательно, с достаточно сложными соответствующими уравнениями. Однако относительно простая модель Френкеля-Конторовой стала одним из фундаментальных и универсальных инструментов низкоразмерной нелинейной физики [1]. Модель Френкеля-Конторовой, описывающая динамику цепи частиц, взаимодействующих с ближайшими соседями в присутствии некоторого внешнего периодического потенциала можно свести к уравнению синус-Гордон в континуальном пределе, а также к нелинейному уравнению вида

$$\ddot{\varphi}_n + \omega^2 \sin \varphi_n = 0. \quad (1)$$

Уравнение (1) также описывает колебания математического маятника.

В данной работе интегрируется нелинейное уравнение (1). Было найдено решение вида

$$\varphi_n = \pi + 4 \operatorname{arctg} e^{\pm \omega(t-t_n)}.$$

При переходе к непрерывному случаю полученное решение принимает вид

$$\varphi(t, x) = \pi + 4 \operatorname{arctg} [e^{\pm \omega(t-x/u)}].$$

Согласно рассматриваемой модели решение уравнения (1) – это функция, описывающая движущуюся дислокацию в цепи частиц. Интерес к полученному решению заключается в том, что функция имеет вид уединенной волны. Под уединенной волной понимаем волновое движение, которое в каждый момент времени локализовано в конечной области пространства и относительно медленно изменяет свою структуру при распространении.

Корреляция независимых параметров

Новиков А. А.

Белорусский национальный технический университет

Типичная задача линейной регрессии: найти значения параметров $\{a_i\}^k$ и оценить их погрешности для эмпирической зависимости $y = \sum_1^k a_i u(x)_i$ по базисным функциям $\{u(x)_i\}^k$ и набору $\{x_j, y_j\}^n$. Полагая,

что неизбежные ошибки (погрешности) аддитивно накладываются именно на переменную y , т.е. $y_j = z_j + \zeta_j$ где z_j – «точное» значение, а ζ_j – погрешность моделируемая случайной величиной (СВ) с минимальной дисперсией, получаем для $\{a_i\}^k$ СЛАУ

$$\sum_{i=1}^k a_i \sum_{j=1}^n u_m(x_j) u_i(x_j) = \sum_{j=1}^n u_m(x_j) y(x_j)$$

для $m=1, 2, 3 \dots k$. Решение этой СЛАУ в формулах изрядно громоздко, но будучи линейным по переменным $\{y_j\}^n$, представимо в виде $a_i = \sum_{j=1}^n y_j \sum_m^k B_{mi} u_i(x_j)$ где $i=1, \dots, k$, а множители B_{mi} состоят из одно-

типных сумм слагаемых вида $\sum_{j=1}^n u_m(x_j) u_i(x_j)$. Слагаемые указанного

вида являются дискретными аналогами скалярного произведения функций $\int_{x_{min}}^{x_{max}} u_m(x) u_i(x) dx$ в заданной области определения, в допущении равно-

мерного покрытия ее сеткой узлов $\{x_j, y_j\}^n$. Если система функций ортогональна, то все $B_{mi}=0$ при $m \neq i$, а параметр a_i только от функции $u_i(x)$.

Поскольку исходные $\{y_j\}^n$ трактуются нами как СВ, то найденные $\{a_j\}^k$ будут СВ линейной комбинацией независимых СВ $\{\zeta_j\}^n$. Поскольку $\text{cov}(\zeta_j, \zeta_i)=0$ при $j \neq i$, то для случая ортогонального базиса функций $\{u(x)_i\}^k$ корреляция параметров даст ноль. При отсутствии ортогональности может наблюдаться любой коэффициент корреляции. Например: регрессия по формулы $y=a+bu(x)$, если $\sum u(x_i) / n \neq 0$ приводит к зависимостям пара-

метров от ζ_j $b = M(b) - \sum_1^n \zeta_i p_i$ и $a = M(a) + q \sum_1^n \zeta_i p_i$ с $K_{ab} = -1$.

Выводы: Физическая природа независимости параметров не имеет никакого отношения к возможной их корреляционной зависимости, а коэффициенты корреляции параметров характеризуют «степень ортогональности» отдельной базисной функции ко всем остальным функциям базиса.

Новиков А. А.

Белорусский национальный технический университет

Исходное появление в математике абстрактного числа - ноль связано с расширением множества натуральных чисел (естественных количественных характеристик порождаемых унарной операцией счета - измерения) до абстрактного множества целых чисел. Числовой ноль описывает результат бинарной операции вычитания одинаковых чисел. Числовой ноль исходно: не характеризуется порядком $0=5-5=0-0=4-0=0-0$ и не определяет результат деления $0/0$. Без нуля операция сложения утрачивает свойства ассоциативности и коммутативности.

Пополнение множества чисел до плотного \mathcal{Q} и введение числовых функций (неких вычислительных действий над числами – аргументами) позволили предельным переходом, в ряде случаев, реализовать неопределенность деления $0/0$. В результате появилось новое понятие – функциональный ноль, или привычные – «бесконечно малые функции», которые по своей сути являются неким промежуточным объектом между числами и функциями. Функциональные нули, в отличие от числовых, наделены свойством порядка. Причем, как ни странно, это понятие может быть связано не только с «перемножением собственно самих нулей», что привычно отражается в используемом термине, но и как предельный результат симметричных разностей ненулевых числовых выражений.

Стандартная операция дифференцирования $f(x)$ по функции x (привычно, но некорректно, именуемая дифференцированием по аргументу), это предельное деление ноля на функциональный ноль первого порядка $\frac{df(x)}{dx} = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{f(x+\delta) - f(x)}{\delta}$. В обобщающем случае, бинарная операция равномерного (дающего непрерывную производную) дифференцирования

$$\text{функции } f(x) \text{ по } \varphi(x) \quad \frac{df(x)}{d\varphi(x)} = \lim_{x \rightarrow y} \frac{f(x) - f(y)}{\varphi(x) - \varphi(y)}.$$

Стандартная же операция повторного дифференцирования $f(x)$ по x является результатом предельного перехода при делении аддитивно получаемых нулей второго порядка для дифференцирующей функции x^2

$$\frac{d^2 f(x)}{dx^2} = 2 \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{f(x-\delta) - 2f(x) + f(x+\delta)}{(x-\delta)^2 - 2x^2 + (x+\delta)^2}.$$

Для старших производных $f(x)$ по $\varphi(x)$

$$\frac{d^n f(x)}{d\varphi(x)^n} = n! \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=0}^n (-1)^i C_n^i f(x + \delta(i-n))}{\sum_{i=0}^n (-1)^i C_n^i \varphi(x + \delta(i-n))}$$

О численной реализации решений смешанной задачи теории упругости в областях с нерегулярными границами

Подкопаев П. А., Корчеменко С. В.
Военная академия Республики Беларусь

Многие задачи механики хрупкого разрушения связаны с анализом напряженно-деформированного состояния твердых тел различной формы, а также с изучением этого состояния в окрестности нерегулярных точек. В работе рассматривается построение устойчивых алгоритмов численной аппроксимации решений одной из таких задач – первой краевой задачи динамической теории упругости для плоскости с разрезами. Аналитическое решение такой задачи в нестационарном случае получено и исследовано в [1], оно имеет вид

$$\sigma_{iz}(x, y, t; \vec{f}) = (b_{ij} f_j)(x, y, t) \quad (i = 1, 2),$$

где σ_{iz} – компоненты тензора напряжений, b – матричный оператор, компоненты b_{ij} ($i, j = 1, 2$) которого действуют на заданные граничные условия \vec{f} по формуле

$$(b_{ij} f_j) = \sum_{l=1}^2 (-1)^l (b_{ij}^l f_j + \tilde{b}_{ij}^l f_j) \quad (i, j = 1, 2).$$

Операторы $b_{ij}^l f_j$ и $\tilde{b}_{ij}^l f_j$ являются интегро-дифференциальными, причем их ядра содержат сингулярную и слабую особенность порядка $1/2$. Применение к полученным точным решениям численного дифференцирования в сочетании с квадратурными формулами приводит к неустойчивости численного алгоритма. Для получения устойчивости осуществляется регуляризация, основанная на идее дробного дифференцирования полученных интегро-дифференциальных операторов, после этого «вырезаются» достаточно малые окрестности указанных особенностей с соответствующей оценкой интегралов. После этого к полученным регулярным интегралам применяются известные квадратурные формулы. Приведена оценка погрешности алгоритма и результаты численного эксперимента.

Некоторые методические аспекты изучения курса «Теория вероятностей» в техническом вузе

Подкопаев П. А., Подкопаева Н. А.
Военная академия Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет

«По большей части важнейшие жизненные вопросы являются на самом деле лишь задачами теории вероятностей». Пьер-Симон Лаплас.

Разделы теории вероятностей и математической статистики в курсе математики технического вуза занимают особое место. Эти разделы имеют большое прикладное значение, так как изучают математические модели статистических закономерностей природы и общества. Задачи теории вероятностей существенно отличаются от детерминированных задач других разделов курса математики. Основная их сложность состоит в переходе от вербальной формулировки к формальной математической модели. Следует отметить, что анализ текстовых условий и перевод их на язык математики, как правило, вызывает затруднения у студентов при решении многих практических задач. Задачи теории вероятностей и математической статистики можно отнести к практическим задачам, для которых эти затруднения особенно очевидны. Одним из способов преодоления этих затруднений является разработка алгоритмов решения вероятностных задач. Первичный анализ условия позволит отнести данную задачу к определенному разделу, например, «Случайные события», или «Случайные величины». Дальнейшее сужение темы ведется с помощью поиска слов - «маркеров». Например, наличие в условии единственного описываемого события и нескольких экспериментов указывает на причисление этой задачи к теме «Повторение испытаний». Далее записанный кратко текст задачи с использованием символики теоретической части раздела позволяет выбрать наиболее подходящую формулу из возможных в данном случае. Таким образом, на практических занятиях по теории вероятностей развивается умение студентов переводить информационные тексты с обывденного языка на язык математики. Кроме того, на практическом занятии возможно проверить глубину понимания теоретических основ раздела. Например, можно предложить студентам «предсказать» результат вычисления математического ожидания дискретной случайной величины по найденному закону распределения или непрерывной случайной величины по известной функции распределения и затем, решив задачу, проанализировать «предсказание». Раздел «Теория вероятностей» предоставляет много возможностей для творческого роста участников образовательного процесса.

**Построение приближенного решения в окрестности
подвижной особой точки для уравнения Пенлеве**

Самодуров А. А., Федорако Е. И.

Белорусский государственный университет

Белорусский национальный технический университет

В работе [1] было построено приближенное решение в окрестности подвижной особой точки для второго уравнения Пенлеве для действительной области. Рассмотрим обобщение этого результата на комплексную область.

Рассмотрим задачу Коши

$$w'' = 2w^3 + zw + \alpha, \quad (1)$$

$$w(z_0) = w_0, w'(z_0) = w_1. \quad (2)$$

Доказана следующая теорема. Пусть 1) $w(z)$ – решение задачи Коши (1)-(2); 2) z^* – подвижная особая точка. Тогда для коэффициентов C_n ряда

$$w(z) = (z - z_0)^\rho \cdot \sum_0^\infty C_n (z - z^*)^n, \quad (3)$$

где $\rho = -1$, $C_0 \neq 0$, правая часть которого сходится в области

$$|z - z^*| < r, \quad (4)$$

справедлива оценка

$$|C_n| \leq 2^{n-1} (M + |\alpha| + 1)^n,$$

где $r = \frac{1}{M + |\alpha| + 1}$, $M = \max \left\{ \frac{|z^*|}{6}, |\gamma| \right\}$, γ – параметр, зависящий от условий (2).

В работе [2] получены и другие результаты, относящиеся к данной проблеме.

**Двумерное интегральное преобразование с модифицированной
H-функцией в пространстве суммируемых функций**

Скоромник О. В.

Полоцкий государственный университет

Рассматривается двумерное интегральное преобразование вида

$$\left(H_{\sigma, \kappa}^1 f \right) (\mathbf{x}) = \mathbf{x}^\sigma \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} H_{p, q}^{m, n} \left[\frac{\mathbf{x}}{\mathbf{t}} \middle| \begin{matrix} (a_i, \alpha_i)_{1, p} \\ (b_j, \beta_j)_{1, q} \end{matrix} \right] \mathbf{t}^\kappa f(\mathbf{t}) \frac{d\mathbf{t}}{\mathbf{t}} \quad (\mathbf{x} > 0), \quad (1)$$

где $\mathbf{x} = (x_1, x_2) \in \mathbb{R}^2$; $\mathbf{t} = (t_1, t_2) \in \mathbb{R}^2$ – векторы; $\mathbf{X} > \mathbf{t}$ означает $x_1 > t_1, x_2 > t_2$; $\mathbf{m} = (m_1, m_2) \in \mathbb{Z}_+^2 \cup 0$ и $m_1 = m_2$; $\mathbf{n} = (n_1, n_2) \in \mathbb{Z}_+^2 \cup 0$ и $n_1 = n_2$; $\mathbf{p} = (p_1, p_2) \in \mathbb{Z}_+^2 \cup 0$ и $p_1 = p_2$; $\mathbf{q} = (q_1, q_2) \in \mathbb{Z}_+^2 \cup 0$ и $q_1 = q_2$; $(0 \leq m \leq q, 0 \leq n \leq p)$; $\sigma = (\sigma_1, \sigma_2) \in \mathbb{R}^2$; $\kappa = (\kappa_1, \kappa_2) \in \mathbb{R}^2$; $\mathbf{a}_i = (a_{i_1}, a_{i_2})$, $\alpha_i = (\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2})$, $1 \leq i \leq p$, $a_{i_1}, a_{i_2} \in \mathbb{C}$, $\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2} \in \mathbb{R}_1^+$ ($1 \leq i_1 \leq p_1, 1 \leq i_2 \leq p_2$); $\mathbf{b}_j = (b_{j_1}, b_{j_2})$, $\beta_j = (\beta_{j_1}, \beta_{j_2})$, $1 \leq j \leq q$, $b_{j_1}, b_{j_2} \in \mathbb{C}$, $\beta_{j_1}, \beta_{j_2} \in \mathbb{R}_1^+$ ($1 \leq j_1 \leq q_1, 1 \leq j_2 \leq q_2$); $d\mathbf{t} = dt_1 \cdot dt_2$; $\mathbf{t}^\kappa = t_1^{\kappa_1} \cdot t_2^{\kappa_2}$; $f(\mathbf{t}) = f(t_1, t_2)$; функция $H_{p, q}^{m, n} \left[\frac{\mathbf{x}}{\mathbf{t}} \middle| \begin{matrix} (a_i, \alpha_i)_{1, p} \\ (b_j, \beta_j)_{1, q} \end{matrix} \right] = \prod_{k=1}^2 H_{p_k, q_k}^{m_k, n_k} \left[\frac{x_k}{t_k} \middle| \begin{matrix} (a_{ik}, \alpha_{ik})_{1, p_k} \\ (b_{jk}, \beta_{jk})_{1, q_k} \end{matrix} \right]$, представляющая собой произведение H- функций $H_{p, q}^{m, n} [z]$ [1, гл. 1-2].

Настоящая работа посвящена изучению преобразования (1) в весовых пространствах $L_{\bar{\mathbf{v}}, \bar{\mathbf{2}}}$, $\bar{\mathbf{v}} = (v_1, v_2) \in \mathbb{R}^2$ ($v_1 = v_2$), $\bar{\mathbf{2}} = (2, 2)$, функций $f(x_1, x_2)$ на \mathbb{R}_+^2 , для которых $\|f\|_{\bar{\mathbf{v}}, \bar{\mathbf{2}}} < \infty$, где

$$\|f\|_{\bar{\mathbf{v}}, \bar{\mathbf{2}}} = \left\{ \int_{\mathbb{R}_+^1} x_2^{v_2 \cdot 2 - 1} \left[\int_{\mathbb{R}_+^1} x_1^{v_1 \cdot 2 - 1} |f(x_1, x_2)|^2 dx_1 \right] dx_2 \right\}^{1/2} < \infty.$$

Даются условия ограниченности оператора преобразования (1), описание образа этого оператора, а также устанавливается формула его обращения.

Полученные результаты обобщают полученные ранее для соответствующего одномерного модифицированного H - преобразования [1, гл. 5].

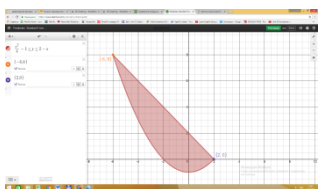
Использование программного обеспечения «GeoGebra» и «Desmos» при изучении темы «Интегралы по фигуре»

Хотомцева М. А.

Белорусский национальный технический университет

Тема «Интегралы по фигуре» является математическим фундаментом для разделов «Сфероидическая геометрия» и «Теоретическая геодезия», которые, в свою очередь, формируют теоретические основы профессиональных знаний инженера-геодезиста.

Понимание и овладение темой предусматривает предварительные умения и навыки построения кривых на плоскости в декартовой и полярной системах координат по их аналитическим выражениям; выделения областей, ограниченных кривыми; изображения поверхностей и линий их пересечения. Такие навыки у студентов недостаточно сформированы, отчасти из-за небольшого количества часов, выделяемых на черчение в средней школе, частично по причине замены курса инженерной графики картографическим черчением в учебном плане подготовки инженеров-геодезистов. Поэтому для облегчения усвоения темы требуется использование специального программного обеспечения, выполняющего построение кривых и поверхностей в Y^2 и Y^3 . Автор применяет программные продукты с открытым исходным кодом «Desmos» для построения кривых и областей, ограниченных кривыми, в декартовой и полярной системах и «GeoGebra» для построения поверхностей. Программы адаптированы для мобильных платформ: мобильных телефонов и планшетов, что позволяет каждому студенту выполнять построения индивидуально.

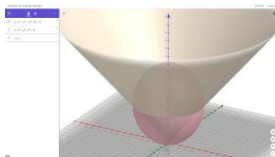


Пример 1. Изменить порядок интегрирования

в интеграле $\int_{-6}^2 dx \int_{\frac{x^2}{4}-1}^{2-x} f(x, y) dy$.

Построим область интегрирования в «Desmos». Студенту требуется перенести рисунок в тетрадь и выполнить изменение порядка интегрирования.

Пример 2. Вычислить с помощью двойного интеграла объём тела, ограниченного поверхностями $x^2 + y^2 + z^2 = 2z$ и $x^2 + y^2 = z^2$. Тело, построенное с помощью «GeoGebra», имеет вид, представленный на рисунке. Использование программ позволяет увеличить количество решённых на занятиях задач.



Инженерная математика

Князев М. А.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассмотрена проблема строгого определения одного класса топологически нетривиальных локализованных решений нелинейных уравнений в частных производных, для которых характерна специфическая периодическая зависимость от времени. Первоначально повсеместно было принято считать, что все топологически нетривиальные локализованные решения имеют зависимость от времени типа распространяющихся волн. Однако последовательное уточнение и развитие моделей различных нелинейных явлений и процессов показало, что профиль такого решения может обладать достаточно сложной структурой, в частности, они дополнительно могут обладать колебательной структурой. В настоящее время в литературе используются два различных названия для таких решений. Говорят о решениях типа *oscillating kink* и *wobbling kink*. Общим для решений обоих типов является то, что они являются приближенными решениями уравнений движения. Вторым общим свойством этих решений является то, что они зависят от времени и эта зависимость носит периодический характер. В тоже время между этими решениями существуют и значительные различия. Главное отличие состоит в том, что решение типа *wobbling kink* можно получить только для статического кинка. Это означает, что для построения такого решения вводится дополнительно внутренняя степень свободы. Колебания профиля решения типа *wobbling kink* всегда являются малыми, в то время как для решения типа *oscillating kink* колебания могут иметь произвольную амплитуду. Частота колебаний для *wobbling kink* носит регулярный характер, в тоже время для *oscillating kink* частота колебаний может меняться в широких пределах даже при фиксированных значениях параметров модели. Основываясь на анализе общих и различных свойств двух вышеупомянутых типов решений можно строго определить, что представляет собой решение типа *wobbling kink*.

Wobbling kink – это приближенное решение нелинейного уравнения движения, описывающее малые, в общем случае нерегулярные и происходящие с переменной амплитудой колебания границы раздела двух множеств, усредненное по времени значение которых соответствует описанию границы раздела этих множеств в виде топологически нетривиального состояния, представляемого локализованным в пространстве статическим кинком.

**Методы расширения спектра сигналов
для обеспечения высокой помехоустойчивости**

¹Бокуть Л. В., ²Деев Н. А.

¹Белорусский национальный технический университет

²Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

При обеспечении надежной связи в условиях воздействия помех, многолучевого распространения радиоволн наилучшего результата можно достичь при использовании в системах передачи информации сигналов с расширением спектра, или шумоподобных сигналов.

Существуют методы расширения спектра, базирующиеся на изменении амплитуды, фазы, частоты и временного положения сигнала в соответствии со специальным кодом, формируемым на основе перемножения частоты несущего сигнала и псевдослучайной последовательности. К ним относятся: метод непосредственной модуляции псевдослучайной последовательностью, метод псевдослучайной перестройки рабочей частоты, комплексные методы. Широкополосные сигналы передачи сообщений подвержены воздействию комплекса помех, включающего флуктуационные шумы приемника, а также сосредоточенные по времени и по частоте помехи, обусловленные действием сторонних источников. Снижение уровня таких помех позволяет повысить качество приема сообщений.

К методам борьбы с помехами относятся компенсационные, основанные на выделении из действующего на входе приемника колебания наиболее интенсивных помех и их компенсации, качество которой зависит от точности воспроизведения помех. В наибольшей степени удается осуществить подавление одиночных узкополосных помех. В случае, когда действует сумма таких помех с различными спектрами, нужно выделять каждую из них, оценивать, а затем вычитать из действующей смеси. Линейные фильтры для выделения узкополосных помех неэффективны для построения компенсаторов, так как при подавлении помех подавляется и часть спектральных составляющих широкополосного сигнала.

Целесообразно использовать нелинейные методы выделения и оценки помех. К ним относятся методы нелинейного оценивания (фильтрации) параметров узкополосной помехи, методы безинерционного нелинейного преобразования с линейной фильтрацией. Предлагается использовать комбинированный подход, основанный на разделении полосы спектра принимаемого сигнала на отдельные участки так, что на каждом частотном участке может появиться только одна узкополосная помеха.

Автоматизированная система учёта заявок на устранение неисправностей в работе локальной сети предприятия

Бокуть Л. В.¹, Соловей М. П.², Трухан А. Ю.²

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусская государственная академия связи

По мере развития информационных технологий растут требования к надежности функционирования локальных сетей предприятий, их программных и аппаратных составляющих. Система учета необходима для получения оперативных фактических данных о результатах финансово-хозяйственной деятельности компании. Автоматизированная система управления и учёта представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса предприятия. Функции автоматизированной системы управления и учёта включают в себя учет, контроль, анализ, планирование и прогнозирование, а также координацию и регулирование процессов автоматизации. Общей целью автоматизации управления является повышение эффективности техпроцесса.

В связи с этим актуальным является вопрос своевременного устранения неисправностей в работе локальных сетей предприятия, в том числе автоматизация учёта данного процесса. При этом значительно сократится время на выполнение операций по вводу информации, а также повысится качество работы за счёт контроля вводимых данных и ускорения обнаружения ошибок. Полнота и точность данных об устраняемых неисправностях, простота доступа и обращения с ними оптимизируют работу специалистов, участвующих в процессе приёма заявок и ремонта оборудования локальной сети: персональных компьютеров, ноутбуков, принтеров, многофункциональных устройств, коммутаторов, маршрутизаторов, а также телефонов и факсимильных аппаратов. Разработанное программное обеспечение является многофункциональной системой с функциями анализа поступающих данных. Кроме учёта заявок на устранение неисправностей в работе локальной сети предприятия, оно позволяет формировать статистические сводные отчёты по видам неисправностей, по специалистам, выполнявшим ремонт.

Функционирование автоматизированной системы учёта заявок на устранение неисправностей в работе локальной сети позволит повысить производительность труда, скорость обработки информации, а также ее достоверность, что необходимо для эффективной деятельности всего предприятия.

Зонная структура тонкоплёночного Ge при лазерно-индуцированных напряжениях¹Гацкевич Е. И., ²Малевич В. Л.¹Белорусский национальный технический университет²Институт физики НАН Беларуси

Германий является непрямозонным полупроводником и характеризуется сравнительно низкой эффективностью излучательной рекомбинации и, следовательно, низким квантовым выходом люминесценции. Ранее было показано [1], что деформация растяжения в плоскости пленки германия приводит к понижению Г- и L- минимумов зоны проводимости, причем из-за разных деформационных потенциалов энергия Г- долины понижается сильнее, чем энергия боковых L-долин. При достаточно большой величине деформации минимум энергии Г-долины может оказаться ниже L-минимумов и полупроводник становится прямозонным. Введением растягивающих напряжений зонную структуру тонкопленочного германия можно модифицировать таким образом, что квантовый выход люминесценции увеличится. Одним из методов такой модификации может быть облучение лазерными импульсами.

В настоящей работе рассмотрены деформации, возникающие в тонкоплёночном Ge на кремниевой подложке при облучении структуры наносекундными импульсами рубинового лазера, а также проанализировано их влияние на зонную структуру Ge. В процессе лазерного воздействия на стадии отвердевания возникают термические напряжения из-за разных коэффициентов теплового расширения плёнки и подложки. Оценка проводилась в приближении поверхностного нагрева, то есть предполагалось, что пленка однородно нагрета до температуры близкой к температуре плавления. При вычислениях использовались выражения для расчета термических деформаций биметаллической пластины [2]. Из проведенных расчетов следует, что при рассмотренных режимах облучения в тонкоплёночном германии формируются растягивающие латеральные напряжения, однородные по толщине пленки, достигающие значений порядка 0.053. Растягивающие напряжения в плоскости пленки приводят к сдвигу экстремумов зон, что приводит к уменьшению ширины прямой запрещённой зоны до 0.3 эВ (в нормальных условиях 0.8 эВ).

Лазерно-индуцированные процессы в структурах a-Ge/Ge¹Гацкевич Е. И., ²Ивлев Г. Д.¹Белорусский национальный технический университет²Белорусский государственный университет

В технологии создания излучателей и фотоприёмников на основе германия эффективным методом может быть импульсная лазерная обработка [1]. В данной работе проведены исследования лазерно-индуцированных процессов в аморфных пленках Ge на подложке кристаллического Ge (a-Ge/Ge). Подобные структуры обычно получают методом ионно-лучевого распыления мишени. Образцы подвергались воздействию импульсов излучения рубинового лазера длительностью 80 нс в диапазоне плотностей энергий от 0.2 до 3 Дж/см².

Проведена оптико-пирометрическая диагностика зоны лазерного воздействия. Получены экспериментальные зависимости яркостной температуры и времени существования расплава от плотности энергии облучения W при однократном и многократных воздействиях. На основе численного решения задачи Стефана проведено моделирование лазерно-индуцированных процессов в структуре a-Ge/Ge. При моделировании учитывались температурные зависимости теплофизических и оптических параметров, а также их зависимость от фазового состояния вещества. Рассчитаны зависимости пиковой температуры поверхности, максимальной глубины проплавления и времени существования расплава от плотности энергии облучения для исследуемых систем с толщиной аморфной плёнки от 150 до 300 нм. Получено удовлетворительное согласие расчетных и экспериментальных данных по пиковой температуре поверхности и времени существования расплава τ .

Установлено, что в зависимости от W в плёнке аморфного германия могут иметь место различные последовательности фазовых переходов. При W недостаточных для начала плавления подложки имеют место переходы a-Ge \Rightarrow ol-Ge \Rightarrow a-Ge, где ol-Ge соответствует переохлаждённому расплаву Ge. При W достаточных для достижения в плёнке температуры плавления кристаллического Ge (1210 К) последовательность переходов будет a-Ge \Rightarrow l-Ge \Rightarrow c-Ge, где l-Ge обозначает равновесный расплав Ge, c-Ge – кристаллический Ge. Изменение последовательности фазовых переходов приводит к тому, что в некотором диапазоне плотностей энергий облучения с ростом W наблюдается уменьшение τ .

Аксиоматическое определение рейтинга

Романчук В. М.

Белорусский национальный технический университет

Пусть задано множество объектов $\Omega = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$. Пусть Ψ — множество подмножеств Ω (алгебра). Для множества Ψ можно аксиоматически ввести неаддитивную меру, которую будем называть рейтингом.

Определение. Рейтинг (Ω, Ψ) — это числовая функция r , определенная на множествах из Ψ и обладающая следующими свойствами:

Для любых множеств A, B для которых $A \subseteq B$, выполняются

A₁. Если $A \neq B$, то $r(B \setminus A) > 0$.

A₂. $r(A \setminus B) = r(B) - r(A)$.

Определение. Величина Q для объектов A_1, A_2, \dots, A_n меняется равномерно, если они упорядочены и $r(A_1/A_2) = r(A_2/A_3) = \dots = r(A_{n-1}/A_n) > 0$.

Пример 1. Пусть $\Omega = \{\omega_1, \omega_2\}$ и $\omega_1 \cdot \omega_2 = \emptyset$, тогда

$$\Psi = \{A_0, A_1, A_2, A_{12}\},$$

где $A_0 = \emptyset$, $A_1 = \omega_1$, $A_2 = \omega_2$, $A_{1,2} = \omega_1 + \omega_2$. Можно выделить два упорядоченных подмножества Ψ : $\{A_0, A_1, A_{12}\}$ и $\{A_0, A_2, A_{12}\}$.

Пусть эксперт считает, что величина Q для объектов первого подмножества меняется равномерно, тогда $r(A_1 \setminus A_0) = h$, $r(A_{12} \setminus A_1) = h$, где h — неизвестная положительная постоянная. Следовательно, выполняются равенства $r(A_1) - r(A_0) = h$, $r(A_{12}) - r(A_1) = h$. Тогда $r(A_1) = h + r(\emptyset)$, где $h = (r(\Omega) - r(\emptyset))/2$, причем $r(\Omega)$, $r(\emptyset)$ — любые числа, для которых выполняется неравенство $r(\Omega) > r(\emptyset)$. Если, например, $r(\Omega) = 1$ и $r(\emptyset) = 0$, то получим вероятностную меру с вероятностями $r(\omega_1) = 1/2$ и $r(\omega_2) = r(A_{12} \setminus A_1) = r(\Omega) - r(A_1) = 1/2$.

Пример 2. Функции полезности. В этом случае поставим каждой альтернативе A_i в соответствие множество Q_i , мера которого тем больше, чем больше полезность альтернативы, так что если $A_i \succ A_j$, то $Q_i \subseteq Q_j$ и $r(Q_i \setminus Q_j) = r(Q_j) - r(Q_i)$. Так, если “полезность” альтернатив A_1, A_2, \dots, A_n меняется равномерно, то и мера множеств Q_1, Q_2, \dots, Q_n меняется равномерно. Например, если A_1, A_2, A_3 — три альтернативы, тогда выполняется

$$r(Q_2 \setminus Q_1) = r(Q_3 \setminus Q_2) \text{ и } r(Q_2) - r(Q_1) = h, r(Q_3) - r(Q_2) = h.$$

УДК 51(07.07)

**Методическое обеспечение по специальным разделам математики
для студентов технических специальностей**

Кондратьева Н. А., Прихач Н. К., Прусова И. В.
Белорусский национальный технический университет

Учебно-методическое пособие издано в БНТУ с грифом учебно-методического объединения Республики Беларусь по образованию в области металлургического оборудования и технологий под названием «Высшая математика. Ряды. Теория функций комплексного переменного. Операционное исчисление. Руководство к решению задач для студентов механико-технологического факультета» авторов Прусова И.В., Кондратьева Н.А., Прихач Н.К. под редакцией Князева М.А. При подготовке этого пособия акцент был сделан на формирование навыков планирования, анализа и оценки деятельности обучающегося. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Математика» подготовлено преподавателями кафедры «Инженерная математика» в соответствии с существующими требованиями. Охватывает разделы курса в объеме, предусмотренном учебными и рабочими программами для студентов дневного обучения механико-технологического факультета БНТУ. Содержит необходимые материалы для самостоятельной работы студентов и подготовки к экзамену. Включает теоретические сведения, примеры решения типовых задач, наборы заданий для самостоятельного решения, а также ответы к предложенным задачам. Теоретические разделы охватывают темы «Ряды», «Теория функций комплексной переменной», «Операционное исчисление». Теоретический и практический материал изложен в понятной форме, содержит примеры решения задач с подробными комментариями, доступен для самостоятельного изучения. Предложенный вариант руководства к решению задач по учебной дисциплине «Математика» охватывает курс третьего семестра изучения дисциплины.

Целью изданного руководства к решению задач является предоставление справочных материалов для изучения дисциплины «Математика» студентами второго курса, а также проверки полученных знаний при помощи контрольных заданий и тестов. Учебно-методическое пособие предназначено для преподавателей и студентов при изучении дисциплины «Математика», так как предоставляет возможность преподавателю при подготовке к практическому занятию широкого выбора заданий для обучения студентов, способствует сознательному усвоению теоретических основ и формированию у студентов устойчивого интереса к математике и к применению ее на практике.

Мелешко А. Н., Кондратьева Н. А.

Белорусский национальный технический университет

При составлении многовариантных заданий для текущего контроля и итоговой оценки уровня знаний обучающихся в форме тестов важно, чтобы условия выполнения задания для каждого из тестируемых были одинаковы. Все варианты задачи должны удовлетворять ряду требований, таким как единый алгоритм решения, одинаковый объем операций и уровень сложности, стандарт представления результата и т.д. [1]. Конечно, тестируемый может выбрать свой способ решения, если это не оговорено иначе.

Поэтому удобно строить само задание и алгоритм его решения в общем виде с параметрами, которым для каждого варианта придаем конкретные числовые значения, придерживаясь названных выше и других необходимых для данного задания требований. Возможны различные постановки заданий: получить окончательный результат, дать комбинированный ответ на несколько вопросов (задач), поэтапно решать отдельные фрагменты определенного алгоритма решения задачи, другие формы.

Примеры тестовых заданий.

1. Найдите произведение наименьшего и наибольшего целых решений неравенства $a^{-\log_a \frac{x-c}{d-x}} > (x - x_1)(x - x_2)$.

Решение неравенства опирается на исследование свойств функций в левой и правой частях неравенства. Подбираем параметры $a > 1$, $x_1 < c < x_2 < d$, все целые числа. Искомое произведение равно $(c + 1)x_2$.

2. Туристическая фирма реализует туры по трем направлениям. К1% клиентов фирмы выбирают первое направление, К2% – второе, К3% – третье. Вероятности неудовлетворительного обслуживания туристов соответственно по направлениям равны p_1, p_2, p_3 . Найти вероятность того, что случайным образом выбранный клиент фирмы получит неудовлетворительное обслуживание. Зафиксирован случай некачественного обслуживания. Найти вероятность того, что это произошло на i -ом направлении. В решении задачи используются формулы полной вероятности и Байеса.

**Применение в прикладных задачах медицины и биологии пакетов
3D Max и MathCad**

Прусова И. В., Анкуда Н. О., Янкина Я. В.
Белорусский национальный технический университет

Быстрое развитие технологий в последнее время привело к стремительному росту в области техники. Сегодня массово распространены программы создания компьютерной графики, в том числе, трехмерного моделирования. В медицине применение трехмерных технологий развивается сразу в нескольких направлениях: 1. Сканирование органов. 2. Выпуск 3D моделей отсканированных органов. 3. Создание имплантов на основе трехмерных изображений пациента. 4. Создание искусственных костей, тканей, кровеносных сосудов, вен и даже органов пациента.

Перспективы 3D технологий огромны. Их использование в медицине позволяет сократить вероятность ошибки до минимума. Выполнялся эксперимент по созданию и обработке биомедицинских изображений с использованием пакета 3D max. Было решено несколько задач, а именно пространственные преобразования изображения, изменение геометрических и качественных характеристик, обнаружение объектов с помощью сегментации изображения, изменение изображений по их проекционным данным, сегментация с использованием текстурных фильтров и другие.

При исследовании явлений природы, решении множества задач физики, химии, медицины и биологии не всегда предоставляется возможность напрямую определить непосредственную зависимость величин, которые описывают тот или иной эволюционный процесс. Но есть возможность определить связь среди величин и скоростями их изменения относительно других (независимых) переменных величин, т.е. найти уравнения, в которых неизвестные функции входят под знак производной. Модели, базирующиеся на основе дифференциальных уравнений, применяются с целью отображения динамики довольно многих биологических популяций (к примеру, микробных), у которых процессы зарождения и гибели особей можно рассматривать непрерывными процессами. В MathCad встроены средства символьной математики, которые позволяют решать задачи посредством компьютерных аналитических преобразований. Из эксперимента известно, что скорость размножения бактерий пропорциональна их количеству. В благоприятных для размножения условиях находится некоторое количество бактерий. Решена задача о нахождении зависимости роста числа бактерий с течением времени.

**Конструкции биосенсоров на основе матриц
иммобилизирующих слоев**

Реутская О. Г.

Белорусский национальный технический университет

Биосенсоры можно классифицируют в соответствии с принципами передачи сигналов от элементов биологического распознавания. В общей схеме биосенсора биологическое вещество реагирует на анализируемое соединение, и преобразователь формирует биологический ответ на эти изменения, которые могут быть измерены электрохимически, оптически, акустически, механически, калориметрически или электронным способом, а затем скоррелированы с концентрацией аналита. В зависимости от типа распознающего слоя различают два вида биочувствительных микросистем на основе встречно-штыревых электродов: емкостные и резистивные. В основе резистивного преобразования лежит принцип изменения сопротивления в системе электродов, связанного с соединением молекул с рецепторами, иммобилизованными на поверхности электродов. Емкостное преобразование достигается путем изменения диэлектрической проницаемости материала. Разработанные сенсорные резистивные микросистемы с иммобилизующими элементами на основе вертикально-упорядоченных столбиков оксида ниобия, представляют собой кремниевые подложки размером 3×8 мм с Al контактными площадками размером 2,7×1,75 мм и массивом 40 встречно-штыревых электродов длиной 4 мм, шириной 50 мкм, и зазорами между электродами 5 и 10 мкм. Чувствительный материал, как правило, осаждают на всю поверхность электродов, однако с аналитом реагирует только тот материал, который лежит в чувствительной области датчика. Материал, находящийся на поверхности штыревых электродов, не участвует в определении аналита. Определение аналита происходит в области зазоров между электродами. Для улучшения адгезионных свойств контактирующих слоев конструкции биосенсора была использована пористая структура с развитой поверхностью - пористый оксид алюминия. Для проведения процессов моделирования биоанализаторов со встречно-штыревой системой была выбрана конструкция на подложке из ситалла толщиной 1 мм. На ситалловой подложке сформирован слой пористого оксида алюминия (0,5-0,6 мкм), на поверхности которого сформированы алюминиевые электроды (1мкм) с подслоем ванадия (0,2-0,3 мкм). Для проведения моделирования тестовых структур биосенсоров была создана в SolidWorks 2015 3D-модель.

Реализация алгоритма генерации случайных чисел в MathCad

Гундина М. А., Юхновская О. В., Юхновская А. В.
Белорусский национальный технический университет

При использовании численных методов нередко необходимо применять генерацию случайных чисел. Существует много подходов к реализации такой генерации. Рассмотрим реализацию подхода Лемера.

Для реализации алгоритма необходимо задать следующие параметры:

- 1) диапазон положительных значений параметра n ;
- 2) неотрицательный множитель a , не превышающий параметр m ;
- 3) неотрицательное значение параметра сдвига c , не превышающее m ;
- 4) начальное значение параметра x_0 , такое что $0 < x_0 < m$.

Определив эти параметры, можно воспользоваться алгоритмом, представленном на рисунке 1.

$$x(x_0, a, n, m, c) := \begin{cases} \text{for } i \in 1..n \\ \quad \left| \begin{array}{l} x1_i \leftarrow \text{mod}(a \cdot x_0 + c, m) \\ x_0 \leftarrow x1_i \end{array} \right. \\ \quad x1 \end{cases}$$

$$x(3, 2, 5, 10, 3) = \begin{pmatrix} 9 \\ 1 \\ 5 \\ 3 \\ 9 \end{pmatrix} \quad x(0, 2, 5, 10, 3) = \begin{pmatrix} 3 \\ 9 \\ 1 \\ 5 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Рисунок 1. -- Генерация случайного ряда в MathCad

случайных чисел из пяти элементов.

Желательно, чтобы m должно быть довольно большим. Часто для m выбирают одно из простых чисел [1].

В этом алгоритме i – это номер элемента в последовательности; m – это количество значений, последовательности. Можно заметить, что, если увеличить требуемое количество случайных чисел, то значения могут начать повторяться.

Количество неповторяющихся значений в последовательности называется периодом [1].

На рисунке 1 представлена реализация этого метода для нахождения последовательности слу-

Исследование радиоизлучения Солнца при помощи вейвлетов на сфере

Гундина М. А., Абдыев А. Д.

Белорусский национальный технический университет

Построим математическую модель исследования потоков радиоизлучения Солнца, используя сферический вейвлет-анализ. Данные об интенсивности радиоизлучения взяты за 05.01.2004 [1].

Целью данного эксперимента является представление общей картины радиоизлучения в точках, расположенных между 7 обсерваториями [1].

Ход исследования:

1. Представление исходных данных в виде массива (долгота, широта, радиоизлучение МГц).

2. Вычисление весового коэффициента для каждой обсерватории (ее вклад во весь сигнал).

3. Построение точек на сфере, которые соответствуют расположению обсерваторий на Земном шаре.

4. Построение сферических гармоник, соответствующих расположению обсерваторий.

5. Экстраполяция исходных данных непрерывной поверхностью с помощью отрезка вейвлет-ряда.

6. Выбор подходящего вейвлета.

7. Задание элементов матрицы растяжения.

8. Вычисление вейвлет-коэффициентов для выбранной сетки.

9. Аппроксимация исходных данных на основе вычисленных вейвлет-коэффициентов (полученный нами результат приведен на рисунке 1).

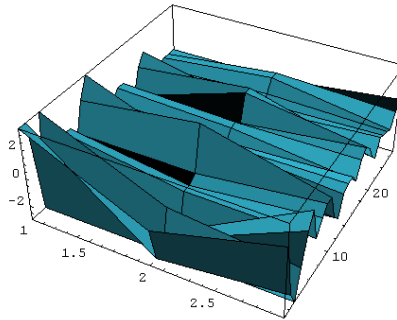


Рисунок 1. -- Поверхность потока радиоизлучения Солнца, полученная с использованием сферических вейвлетов

Физика

Особенности детектирования излучения терагерцового диапазона длин волн

Есман А. К., Зыков Г. Л., Потачиц В. А.

Белорусский национальный технический университет

В последние годы резко возросло количество фундаментальных и прикладных исследований в области терагерцовой техники. Частоты диапазона (300 ГГц – 3 ТГц и более), заключенные между оптическим и радиочастотным частями спектра, долгое время оставались самыми малоисследованными и освоенными.

Терагерцовый диапазон является областью сближения электроники и фотоники, существенно отличающихся как теоретической базой, так и техническими средствами, осуществления приема и обработки электромагнитных волн. Перед разработчиками электронных систем стоит задача создания эффективных аппаратных средств, работающих на частотах этого диапазона. Одним из составных компонентов в такого рода приборах является детекторный диод, работающий на указанных частотах.

Нами предложен детекторный диод с балочными выводами, позволяющий повысить эффективность детектирования за счет уменьшения потерь на отражение (рисунок.- Структурная

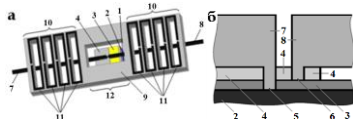


схема диода (а) и его разрез (б)): 1 – подложка, 2 - p^+ - слой, 3 - p -слой, 4 - слой диэлектрика, 5 - катодный контакт, 6 - анодный контакт, 7 - балочный вывод катодный, 8 - балочный

вывод анодный, 9 – слой эластичного диэлектрика, 10 – периодическая решетка, 11 – микрорезонаторы, 12 – окно).

Информационный сигнал терагерцового диапазона поступает на балочные выводы катодный 7 и анодный 8, а также слой эластичного диэлектрика 9. В связи с тем, что слой эластичного диэлектрика 9 содержит периодические решетки 10, вокруг элементов которых расположены микрорезонаторы 11, то электрический сигнал с минимальными потерями на отражение поступает на анодный 5 и катодный 6 контакты детекторного диода Шоттки с балочными выводами. На барьере Шоттки происходит преобразование этого электрического сигнала в постоянное напряжение, величина которого пропорциональна его амплитуде. В указанном диоде с балочными выводами высокая эффективность поглощения информационного сигнала терагерцового диапазона обеспечивается микрорезонаторами, расположенными на эластичном слое диэлектрика вокруг элементов периодических решеток на микронном расстоянии от балочных выводов.

Модификация поверхностных слоев полупроводников

Есман А. К., Зыков Г. Л., Потачиц В. А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время активно развиваются исследования динамики фазовых переходов в полупроводниках при импульсном лазерном облучении. Перспективными и многообещающими материалами для использования в современной микро- и оптоэлектронике являются полупроводниковые соединения $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$, основные представители которых – арсенид галлия (GaAs) и теллурид галлия (CdTe).

Как известно, импульсное лазерное облучение полупроводниковых соединений приводит к плавлению и испарению атомов с их поверхности и изменению стехиометрии приповерхностных слоев.

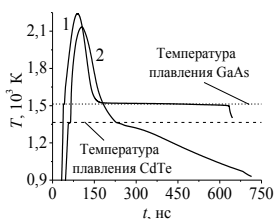
В настоящей работе рассмотрены процессы плавления, кристаллизации, испарения и диффузии компонентов приповерхностных слоев GaAs и CdTe при воздействии излучения рубинового лазера наносекундной длительности. Численное моделирование указанных выше процессов основывалось на решении одномерных уравнений теплопроводности и диффузии. Форма используемого лазерного импульса описывалась функцией

$\sin^2(\pi t/2\tau)$, где τ - длительность импульса.

При моделировании процессов плавления и кристаллизации GaAs и CdTe длительность импульса принималась равной 70 нс и 80 нс соответственно.

Зависимости температуры поверхностей GaAs и CdTe от времени при воздействии на них наносекундного излучения рубинового лазера показаны на рисунке. Ход нагрева исследуемых полупроводников существенно не отличается. При остывании поверхности GaAs на уровне равновесного значения температуры плавления наблюдается температурное плато (кривая 1). На стадии кристаллизации температура поверхности CdTe с течением времени (кривая 2) снижается вследствие испарения компонентов и изменения стехиометрического состава приповерхностных слоев, которые более существенны, чем в GaAs.

Результаты численного моделирования показали, что процесс испарения более летучей компоненты (атомов кадмия с поверхности CdTe и атомов мышьяка с поверхности GaAs) оказывает существенное влияние на динамику фазовых переходов в приповерхностной области.



Зависимости температуры поверхностей GaAs (1) и CdTe (2) от времени при плотности энергии $E = 1,20$ (1) и $0,21$ (2) Дж/см²

Диэлектрические свойства конденсаторных СВЧ-керамических материалов на основе системы $(1-x)(\text{Mg}_{0,2}\text{Zn}_{0,8}\text{-Ti-O})\text{-}x\text{CaTiO}_3$

¹Савчук К. Г., ²Летко А. К., ¹Юркевич Н. П.

¹Белорусский национальный технический университет

²ГНПО НПЦ НАН Беларуси по материаловедению

Целью данной работы являлось изучение характера изменения диэлектрических свойств СВЧ-материалов системы $(1-x)(\text{Mg}_{0,2}\text{Zn}_{0,8}\text{-Ti-O})\text{-}x\text{CaTiO}_3$ в зависимости от температуры и частоты. Выбор системы для конденсаторных материалов основывался на том, что матрицу составов должны составлять соединение или твердый раствор с низкими диэлектрическими потерями. Составы системы на стадии спекания модифицировались ионами Sn и W. В табл. представлены результаты исследований в зависимости от частоты. Установлено, что в интервале частот от 1 кГц до 200 МГц дисперсия носит релаксационный характер, выражающийся в монотонном снижении ϵ с ростом частоты. В диапазоне 200 МГц–20 ГГц дисперсия имеет резонансный характер.

Температурные измерения ϵ показали высокую температурную стабильность ТК ϵ ($+65 \cdot 10^{-6}$) керамик в интервале температур 20–150°C. Установлено, что керамики составов 0,6МЗТ-0,4СТ и 0,7МЗТ-0,3СТ и состава 0,68МЗТ-0,32СТ, модифицированного 2% олова и вольфрама, можно использовать для изготовления СВЧ конденсаторов.

Частота	1 кГц		1 МГц		200 МГц		1 ГГц	
	ϵ	$\text{tg}\delta$	ϵ	$\text{tg}\delta$	ϵ	$\text{tg}\delta$	ϵ	$\text{tg}\delta$
0,68МЗТ-0,32СТ	43,06	0,0024	40,91	0,0076	26,7	0,0045	27,7	0,0029
+2%SnO ₂	44,12	0,002	41,68	0,0076	27	0,0025	28	0,004
+2%WO ₃	41,12	0,0027	38,68	0,0079	20,7	0,0025	21,4	0,0034
+1%SnO ₂ +1%WO ₃	44,14	0,0035	35,09	0,0078	24,7	0,0022	25,7	0,002
+2%SnO ₂ +2%WO ₃	51,15	0,0025	42,63	0,006	29,5	0,0017	31,2	0,0016
0,75МЗТ-0,25СТ	36,09	0,003	33,58	0,0096	23,5	0,0025	24,5	0,0043
+2%SnO ₂	42,61	0,003	38,94	0,0073	27,7	0,0031	28,9	0,0027
+2%WO ₃	36,55	0,0043	34,07	0,0084	22	0,0036	23	0,0035
+1%SnO ₂ +1%WO ₃	53,15	0,0033	39,84	0,007	24,6	0,0017	26	0,0015
+2%SnO ₂ +2%WO ₃	43,02	0,0026	33,96	0,0087	24	0,0037	25	0,0025

УДК 37.01:378.4 (476)

Интерактивные средства повышения эффективности обучения курсу общей физики студентов инженерно-технического профиля

Юркевич Н. П., Савчук Г. К.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является анализ практики применения интерактивных средств при обучении студентов инженерно-технического профиля курсу общей физики.

В настоящее время наиболее часто используемыми интерактивными средствами обучения, разработанными под конкретную дисциплину, являются электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК), электронные издания отдельных материалов по программе обучения, интерактивные модели процессов программного характера, профессиональные программные вычислительные комплексы для разработки, моделирования и создания конкретных продуктов промышленного производства.

Практика разработки и использования ЭУМК по дисциплине «Физика» показала, что они востребованы студентами и позволяют повысить эффективность как усвоения лекционного материала, так и приобретения навыков решения задач различного уровня сложности на практических занятиях. ЭУМК являются высокоэффективным средством для мобильного использования. При этом возрастает на порядок усвояемость материала, а также возможность организации продуктивной самостоятельной работы студентов.

Однако стоит заметить, что для внедрения в учебный процесс данных средств обучения для того, чтобы практика их применения была устойчиво стабильной и привычной в среде студентов требуется активная пропаганда ЭУМК со стороны преподавателей.

Электронные издания – это вид интерактивных средств обучения, который чаще всего применяется при выполнении работ в лабораторном физическом практикуме и проведении практических занятий. Небольшие объемы материалов с акцентированным оформлением позволяют студентам освоить конкретные вопросы курса физики, не прибегая к многогомым источникам.

Интерактивное моделирование физических процессов, разработки, проводимые в профессиональных программных комплексах, напрямую связаны с доступом к сети Интернет и наличием в ВУЗе достаточно мощных компьютеров, которые позволили бы обеспечивать обучение при такой структуре учебного процесса. К сожалению, эти условия не всегда выполнимы, так как требуют постоянного обновления материальной базы.

**Методика реализации целей обучения физике
на лабораторных занятиях**

Климович И. А., Кужир П. Г.

Белорусский национальный технический университет

В связи с переходом на четырехлетний срок обучения на первой ступени высшего образования сокращается общее число часов по физике. Поэтому возникает острая необходимость эффективной организации учебного процесса. Обучение должно носить комплексный характер, т.е. органично сочетать в себе образование, развитие личности, воспитание. Формирование творческого подхода, способность самостоятельно мыслить, принимать решения, постоянно повышать свою квалификацию – это те задачи, которые ставятся и решаются при обучении студентов, требуя разработки эффективной методики проведения, в том числе и лабораторных занятий.

Лабораторные работы – важнейшая часть теоретической и практической подготовки студента к будущей профессии инженера. Они направлены на формирование учебных и профессиональных знаний, умений и компетенций, на экспериментальное подтверждение теоретического материала. Обобщение, систематизация, углубление знаний по предмету, самостоятельность, творческая инициативность, тщательность и добросовестность при проведении лабораторного эксперимента формируют будущего специалиста. В процессе выполнения лабораторных работ студент устанавливает закономерности изучаемого явления, проводит анализ результатов, формулирует выводы, учится оформлять отчеты. Кроме того, он приобретает навыки общения, дискуссии, научного диалога. Все эти факторы составляют основу профессиональной подготовки.

Основные дидактические цели при оптимальной организации лабораторного практикума по физике, на наш взгляд, следующие:

- формировать умения применять теоретические знания при решении практических задач;
- знакомить с современной измерительной техникой, методиками и принципами измерений;
- развивать творческую активность, аналитические способности при обработке экспериментальных данных, оценивать точность измерений;
- анализировать полученные результаты, делать выводы, оформлять отчеты;
- развивать коммуникативные и гибкие навыки, которые отвечают за успешное участие в рабочем процессе и высокую производительность.

**Соотношение неопределенностей и принцип неразличимости
одинаковых частиц**

Климович И. А., Кужир П. Г.

Белорусский национальный технический университет

Дать объяснение принципу Паули в курсе общей физики не представляется возможным. Мы предлагаем наглядный вариант, иллюстрирующий изложение принципа Паули.

Совокупность одинаковых частиц в квантовой механике теряет индивидуальность вследствие наличия соотношения неопределенностей, и к ним не применимо понятие траектории. Следовательно, проследить за каждой из частиц не представляется возможным. Покажем это на примере двух одинаковых частиц, движущихся вдоль оси X . Пусть в начальный момент времени неточности координат равны $\Delta x_1(0)$ и $\Delta x_2(0)$. Соотношение неопределенностей приводит к тому, что в некоторый момент времени неточности в определении координат $\Delta x_1(t)$ и $\Delta x_2(t)$ перекроются. Теперь при регистрации какой-либо частицы в области перекрытия неопределенностей невозможно определить, какая из частиц была зарегистрирована. Индивидуальность частиц утрачивается, и можно заключить, что в квантовой механике имеет место принцип неразличимости одинаковых частиц. Этот принцип накладывает условие, согласно которому перестановка любых двух одинаковых частиц не приводит к изменению ни одной из квантово-механических вероятностей.

Переставим любую пару аргументов в волновой функции системы из N одинаковых частиц. Полученная новая функция будет отличаться от исходной множителем $e^{i\alpha}$. Перестановка тех же аргументов еще раз приводит к исходной функции, умноженной на $e^{2i\alpha}$. Следовательно, $e^{2i\alpha} = \pm 1$. Значит, волновая функция будет либо симметричной, либо антисимметричной.

Системы одинаковых частиц с полужелым спином (фермионы) описываются антисимметричной, а с целым спином (бозоны) – симметричной волновой функцией. Для фермионов, к которым относятся электроны, справедлив принцип Паули: два и более одинаковых фермиона не могут находиться в одинаковом состоянии. Действительно, для системы из двух взаимодействующих фермионов, один из которых находится в состоянии $\psi_a(\xi_1, t)$, а второй – в состоянии $\psi_b(\xi_2, t)$, волновая функция $\psi(\xi_1, \xi_2, t)$ должна состоять из произведения антисимметризованных по аргументам ξ_1 и ξ_2 волновых функций отдельных фермионов. Если состояние a и b одинаковы, то $\psi(\xi_1, \xi_2, t) = 0$. Это доказывает, что два фермиона не могут находиться в одинаковых состояниях.

Влияние ультразвуковой обработки на коррозионную стойкость материалов

¹Петренко С. И., ²Попко С. В.

¹Белорусская государственная академия авиации

²Белорусский национальный технический университет

Большинство коррозионных процессов, протекающих в условиях эксплуатации металлов в различных средах, носит электрохимический характер. Поэтому по различным электрохимическим характеристикам можно судить о коррозионной стойкости металлов и сплавов. В первую очередь представляет интерес измерение электродного потенциала (рис. 1). Для изучения влияния озвучивания на изменение электродного потенциала изготавливали образцы диаметром 20 мм полуволновой длины с продольными лысками. После озвучивания из образцов вырезали темплеты в тех местах, которые соответствовали пучностям напряжений (σ_{\max}) и пучностям смещений (A_{\max}) УЗ-волны.

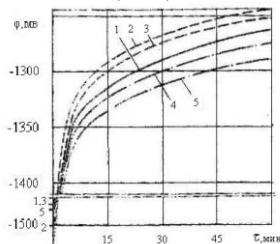


Рис. 1. Изменение электродного потенциала: 1 — после отжига; после озвучивания; 2, 3 — зона A_{\max} , 4, 5 — зона σ_{\max} ; 2, 4 — φ глубинных слоев, 3, 5 — φ поверхности

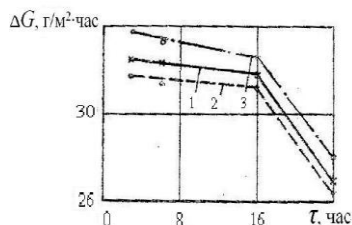


Рис. 2. Изменение величины весовых потерь в коррозионной среде: 1 — после отжига; после $8,6 \cdot 10^6$ циклов озвучивания; 2 — зона A_{\max} , 3 — зона σ_{\max}

На рис. 2 приведены результаты исследования влияния озвучивания на изменение весовых потерь в результате коррозии, которые хорошо согласуются с результатами измерения электродных потенциалов. Наиболее благородным значением электродного потенциала и меньшими весовыми потерями обладали образцы, озвученные в пучности смещений УЗ-волны вследствие их большей термодинамической устойчивости, которая обусловлена перестройкой дислокаций в энергетически более выгодные конфигурации. Коррозионная стойкость образцов, озвученных в пучности смещений УЗ-волны, увеличилась в среднем на 7% по сравнению со стойкостью отожженных образцов.

Падение тел конусообразной формы в воздухе при низких скоростях

Кириленко А. И., Шавель Ю. А.

Белорусская государственная академия авиации

При первоначальных испытаниях ракеты, установленной в хвостовой части самолета для защиты от нападения сзади, было обнаружено, что после старта через какое-то время она разворачивается и догоняет самолет. Физика процесса оказалась простой. При запуске относительные скорости самолета и ракеты отличаются мало, т.е. ракета движется в том же направлении, что и самолет. На нее действуют значительные аэродинамические силы, момент которых разворачивает ракету в сторону движения самолета. Запустившиеся двигатели разгоняют ее и она поражает самолет. Решение проблемы состоит в том, что двигатель ракеты включается не сразу после отделения от самолета, а спустя какое-то время. За это время ракета успевает затормозиться и начинает движение в нужном направлении.

Это объяснение можно проверить экспериментально. Два прямых круговых конуса с одинаковыми диаметрами оснований 13 см массами по 10 грамм сбрасывали с высоты 320 см. Результаты сбрасывания приведены в таблице. Движение конусов неустановившееся, хотя сила тяжести лишь незначительно превышает силу сопротивления. Можно записать

$$a = g - \frac{F_C}{m} = \frac{2h}{t^2},$$

где h - высота сбрасывания, t - время падения, F_C - сила сопротивления.

Ориентация конуса	Время полета	Характер движения	Ориентация конуса	Время полета	Характер движения
Большой конус: образующая 20 см, угол раствора 37,93 градуса					
Вершиной вниз	6,3 с	Переворот на высоте 1,0 – 1,2 м	Основанием вниз	5,5 с	Переворот на высоте 1,0 м
	6,3 с			5,3 с	
	5,0 с				
Малый конус: образующая 12 см, угол раствора 65,6 градуса					
Вершиной вниз	5,7 с	Не перевернулся	Основанием вниз	6,5 с	Переворот высоте 0,5-1,0 м
	5,5 с			6,5 с	
	5,0 с			6,0 с	

Таким образом, как бы ни сбрасывался конус с достаточно большой высоты, он обязательно переворачивается, за исключением конуса с большим углом у вершины. Были проведены сбрасывания конусов без дна. Существенных отличий в движении не обнаружено. Вероятная причина переворота – турбулентные потоки, возникающие при обтекании тел.

Импульсное освещение и биоритмы

Делендик А. Н., Кириленко А. И., Наливайко Т. В.
Белорусская государственная академия авиации

Сложилось мнение, что чем интенсивнее световой луч, тем больший ущерб он может нанести человеку или биологическим объектам. Однако известно, что импульсный свет низкой интенсивности способен менять поведенческие реакции человека как на частотах ниже критической (25 Гц), так и на частотах в разы выше ее. Пульсации света разрядных ламп происходят частотой 100 Гц – верхняя граница биоритмов головного мозга. Исследования привели к ограничению глубины пульсаций (10 %) для осветительных приборов. На низких частотах световые вспышки могут вызвать приступы эпилепсии, вводить человека в транс. Импульсное излучение все шире входит в жизнь, особенно широко применяется в рекламе. Однако при длительном воздействии пульсаций проявляется повышенная утомляемость человека и снижение работоспособности. Стандартов на импульсное облучение нет.

Еще серьезнее проблема биоритмов и, пожалуй, важнейшего из них – сон-бодрствование. Потери экономики США из-за недостатка измеряются сотнями миллиардов долларов, в Японии – 75-135 миллиардов долларов, в Канаде, Германии, Великобритании – немного меньше. Коррекция биоритмов широко применяется при восстановлении нервных и поведенческих функций после травм и ранений. Замечено, что в различных психоэмоциональных состояниях человек по-разному усваивает новую информацию и навыки. Ранее управление деятельностью мозга осуществлялось посредством влияния на его электрическую активность. Теперь появилась возможность напрямую управлять нейронами в мозге посредством световых импульсов.

Нами разрабатывается оптомеханическая облучательная установка, позволяющая контролировать большинство параметров световых импульсов, прежде всего длительности фронтов и спадов. Форма генерируемого импульса не зависит от его интенсивности. Предусматривается изменение цвета излучения, поляризации. Установка может работать в нескольких режимах. В первом режиме генерируются импульсы с непрерывно нарастающей во времени интенсивностью. Форма импульса близка к треугольной, что достигается с помощью специально рассчитанной диафрагмы, которая засвечивается равномерно источником света с регулируемым световым потоком. Во втором режиме генерируются импульсы трапецевидной формы или близкой к ней, что задается подвижной и неподвижной диафрагмами.

Использование проектно-исследовательского метода в самостоятельной работе студентов

Бибик А. И., Журавкевич Е. В., Медведев Л. Ю., Позняк А. В.
Белорусский национальный технический университет

Подготовка современного инженера – это подготовка специалиста, способного ставить перед собой конкретные технические задачи и самостоятельно решать их. Одной из педагогических методик, развивающих творческие способности обучаемого, является проектно-исследовательский метод. Этот метод предполагает решение некоторой конкретной задачи, требующей наличие знаний и умений из различных областей науки и техники. Метод проектов ориентирован в первую очередь на самостоятельную индивидуальную или групповую деятельность учащихся, осуществляемую в пределах ограниченного промежутка времени. В ходе решения поставленной задачи учащиеся приобретают навыки четкого планирования действий и распределения ролей в творческом коллективе, сбора необходимой предварительной информации, анализа и оформления полученных результатов.

Одним из эффективных применений проектно-исследовательского метода в самостоятельной работе студентов начальных курсов, не имеющих опыта самостоятельных исследований, может стать практическое моделирование физических законов. В качестве апробации данного метода студентам строительных специальностей было предложено воспроизвести какое-либо технологическое устройство, принцип работы которого является иллюстрацией одного из физических законов или процессов. А также либо усовершенствовать его либо предложить для него новое практическое применение.

В качестве объекта исследования группой студентов был выбран *мендосинский двигатель*, являющийся разновидностью маломощного бесколлекторного электрического двигателя с ротором на магнитных подшипниках и питанием от солнечной энергии (рис. 1).

Ввиду малой мощности в настоящее время данное устройство используется исключительно для демонстрации явления фотоэффекта и взаимодействия статических и динамических магнитных полей. Однако студентами было предложено рассмотреть возможность его применения в качестве элемента гироскопической стабилизации.



Рис. 1. Мендосинский мотор

Повышение эффективности лекций по физике для студентов инженерных специальностей

Бибик А. И., Журавкевич Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Процесс обучения студентов инженерных специальностей физическим законам подразумевает оперирование полученными знаниями как при решении физических задач, так и при решении различных технических задач, базирующихся на физических явлениях. Только решая задачи, студент может выяснить, насколько глубоко он понимает сущность физического явления и насколько усвоены им теоретические основы. При решении задач на практических занятиях преподаватель часто сталкивается с проблемой, суть которой заключается в неумении основной части студентов преобразовать структуру полученных на лекциях знаний в соответствие с условиями предлагаемых им задач. На наш взгляд устранение этой проблемы лежит в плоскости формирования у студентов понятий о функциональности получаемых на лекциях знаний. Конечно, основная нагрузка при этом ложится на лектора. Именно ему необходимо максимально эффективно активизировать познавательную деятельность студентов на лекциях, именно ему необходимо сформировать познавательный интерес к учебному предмету. Мы убеждены, что это является основным условием повышения эффективности лекций также и в плане минимизации изложенных недостатков.

С практической точки зрения активность студентов может стимулироваться возможностью применения только что прочитанного на лекции теоретического материала при решении конкретных задач качественного или графического характера самими студентами в конце лекции в течение нескольких минут. Познавательный же интерес эффективно проявляется, если лектором в начале лекции формируется проблемная ситуация с помощью наводящих вопросов практического характера, разрешение которых становится возможным благодаря пониманию студентами сообщенного лектором материала. Итогом такой методики становится повышение интереса к лекциям, повышение функциональности приобретаемых знаний, образование устойчивой связи лектора с аудиторией.

Связь с решением практических (технических) задач на наш взгляд может приводить к повышению эффективности изложения материала лекции и лучшему усвоению базовых физических понятий, формированию осознанного отношения к изучению физики у студентов инженерных специальностей.

Учет асимметрии колебаний молекул при расчете их термодинамических характеристик

Иванов А. А.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является апробация метода приближенного расчета термодинамических характеристик квантовых систем для расчета параметров молекул с выраженной асимметрией колебаний.

Рассматриваемый алгоритм состоит из двух важных частей: методики приближенного расчета энергетических спектров квантовых систем на основе операторного метода решения уравнения Шредингера и методики приближенного суммирования по квантовым состояниям, в качестве которого используется кумулянтное разложение, в первом порядке совпадающее с известным неравенством Боголобова-Йенсена-Фейнмана.

Специфика рассматриваемой задачи состоит в том, что колебания реальных молекул, как правило, асимметричны, в то время как большинство широко используемых приближенных методов описания атомных и молекулярных систем чаще всего аппроксимируют их ангармоническими осцилляторами: квантовой модельной системой, широко используемой для апробации методов приближенного решения уравнения Шредингера.

В работе рассматриваются две модели, описывающие асимметрию колебаний молекул: ангармонический осциллятор с асимметричным потенциалом, описываемый гамильтонианом

$$\hat{H} = \frac{1}{2}(\hat{p}^2 + \hat{x}^2) + \gamma\hat{x}^3 + \lambda\hat{x}^4 \quad (1)$$

и осциллятор с потенциалом Морзе, гамильтониан которого имеет вид

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2} + D(e^{-2\alpha x} - 2e^{-\alpha x}). \quad (2)$$

Получены аналитические выражения для энергетических спектров данных осцилляторов, причем для системы с потенциалом Морзе спектр содержит конечное число энергетических уровней, что соответствует численным расчетам спектра такого осциллятора. Результаты обладают высокой точностью уже в нулевом приближении (более 80%) по сравнению с известными результатами, причем метод расчета является равномерно пригодным, то есть справедливым при любых значениях параметров системы.

С помощью кумулянтного разложения далее проводится приближенное суммирование по квантовым состояниям, позволяющее вычислить статистическую сумму и свободную энергию системы.

Исследование скорости сходимости последовательных приближений операторного метода в зависимости от выбора нулевого приближения

Иванов А.А.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассматривается операторный метод приближенного решения уравнения Шредингера, который позволяет получить равномерно пригодное приближения для энергетического спектра квантовых систем во всем диапазоне изменения параметров их гамильтонианов. Получаемые аналитические аппроксимации операторного метода обладают высокой точностью уже в нулевом приближении, переходят в простые формулы в предельных случаях. Целью работы является определение такого нулевого приближения, которое обеспечивало бы наилучшую скорость схождения последующих аппроксимаций.

Требуется заметить, что строгого математического доказательства сходимости последовательных приближений операторного метода ни в данной работе, ни в работах других авторов не получено. Можно лишь проводить численные расчеты и анализировать скорость сходимости последующих приближений к известным численным результатам. Исследования проводятся на примере ангармонического осциллятора: известной системе, которая как правило применяется для проверки пригодности методов приближенного решения уравнения Шредингера.

Показано, что наилучшая точность в нулевом приближении достигается при включении в гамильтониан нулевого приближения \hat{H}_0 всех слагаемых полного гамильтониана \hat{H} , коммутирующих с оператором числа возбуждений \hat{n} . Такой выбор гамильтониана \hat{H}_0 аналогичен известному методу Хартри-Фока.

При построении приближения как их сходимость, так и скорость сходимости зависят от параметра ω , значение которого, вообще говоря, зависит от параметров гамильтониана и номера квантового состояния. Показано, что при выборе значения этого параметра из условия наилучшей точности в нулевом приближении приводит к тому, что последовательные приближения сходятся примерно как геометрическая прогрессия со знаменателем $1/3$, а при специальном выборе значения параметра ω – как геометрическая прогрессия со знаменателем $1/8$. Таким образом, в работе описана методика как получения наивысшей точности в нулевом приближении, так и наиболее быстрой сходимости последующий приближений.

Магнитоимпульсный контроль дефектов сплошности в объектах из диа- и парамагнитных металлов

Павлюченко В. В., Дорошевич Е. С.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы: разработка метода контроля металлических объектов при воздействии на них одиночным импульсом магнитного поля со временем нарастания $(1,5-100,0) \cdot 10^{-6}$ с и записью информации на магнитный носитель.

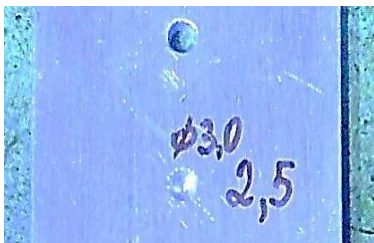


Рис. 1

Фотография пластины из алюминия с двумя искусственными дефектами диаметром 3мм показана на рис.1. Верхнее отверстие сквозное, а глубина нижнего – 2,5 мм. На рис.2 показана зависимость величины электрического напряжения от времени $U(t)$, снятая с индукционной магнитной головки, сканирующей магнитный носитель с записями магнитных полей дефектов. Измерения проведены в прошедшем магнитном поле с записью полей дефектов с бездефектной стороны пластины. Как видно из рис.2, глубину отверстий

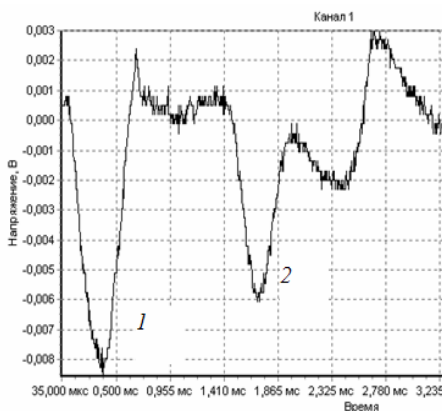


Рис.2

можно определять по амплитуде сигналов $U(t)$ дефектов 1 (сквозное отверстие) и 2 (отверстие глубиной 2,5мм). При использовании разработанного метода определяют амплитуду импульса магнитного поля, время его нарастания, форму переднего и заднего фронта импульса, направление первичного магнитного поля количество одиночных импульсов, а также аналогичные параметры выбросов магнитного поля.

Визуализация магнитных полей неоднородностей структуры объекта

Павлюченко В. В., Дорошевич Е. С.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы: разработка метода контроля свойств объектов из электропроводящих материалов, действующем в реальном масштабе времени. Измерения проведены с помощью визуализирующей магнитные поля пленки в импульсном магнитном поле линейного индуктора со временем нарастания импульсов $1 \cdot 10^{-6}$ с - $5 \cdot 10^{-4}$ с. Результаты представлены на рис. 1 и рис. 2, где показаны фотографии пленки с изображениями остаточных магнитных полей вблизи отверстия диаметром 10мм в пластине из алюминия



Рис.1.

круга на рис. 1 соответствуют ориентации частиц в геле нормально к плоскости пластины, то есть нормальной составляющей магнитного поля. Изображение на рис.1 получено в течение отрезка времени $1 \cdot 10^{-4}$ с. С применением высокоскоростной фотографии изображение на рис. 1 может быть получено в реальном масштабе времени. Разработанный метод применен для контроля дефектов сплошности объектов из ферро-, диа- и парамагнитных металлов. Исследовали объекты из алюминия, Ст 3, олова и свинца с искусственными локальными дефектами линейными размерами $3,0 \cdot 10^{-4}$ м и протяженными искусственными поверхностными и подповерхностными дефектами типа трещина (прорези) раскрытием $1,0 \cdot 10^{-5}$ м и больше. Толщина контролируемых объектов изменялась от $1,5 \cdot 10^{-5}$ м до $4,0 \cdot 10^{-2}$ м.

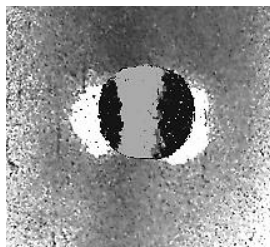


Рис.2

толщиной 2мм соответственно без применения дополнительных операций и с применением операций вычисления и коррекции изображений. Используемая пленка обладает девяностоградусной анизотропией. Таким образом, воздействие магнитным полем, ориентированным нормально к поверхности пластины, приводит к окрашиванию оптического изображения в темный цвет, а воздействие тангенциальным полем – в светлые тона. Поэтому два темных полу-

Измерение составляющих напряженности импульсного магнитного поля вблизи структурных неоднородностей в образцах из алюминия

Карпович М. А., Гаранина Е. А.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы: измерение величины максимальной тангенциальной $H_{\tau m}$ и нормальной H_{nm} составляющих напряженности магнитного поля вблизи поверхности металлической пластины при проведении контроля структурных неоднородностей в ней.

Максимальную величину $H_{\tau m}$ определяли расчетным путем и измерениями с помощью дискретного датчика магнитного поля, состоящего из отдельных полос магнитного носителя. Измеренная величина $H_{\tau m}$ в месте нахождения датчика над пластиной равна $3,4 \cdot 10^4$ А/м.

Она определена из градуировочной характеристики датчика. На рис. 1 и рис. 2 показаны зависимости величины электрического напряжения от времени $U(t)$, снятые с индукционной магнитной головки и соответствующие величине $H_{\tau m}$ над серединой (рис. 1) и величине H_{nm} возле края отверстия (рис. 2) диаметром 10мм в пластине из алюминия толщиной 2мм.

При этом измеряли амплитуды вторых максимумов распределений сигналов, изображенных на рис. 1 и рис. 2 и соответствующие в более поздние моменты времени развертки. Первые максимумы сигналов на этих рисунках являлись тестовыми и несли в себе информацию о свойствах эталонных объектов и об эталонных величинах магнитных полей.

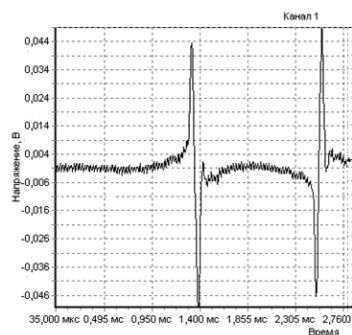


Рис. 1

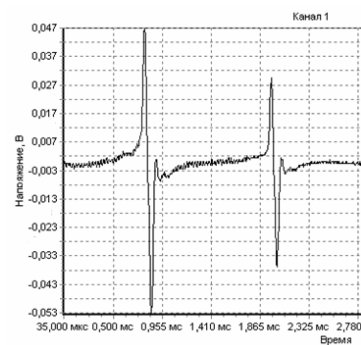


Рис. 2

Конвективный теплообмен между проводниками с током из алюминия и константана и воздушной средой

Харитончик А.С., Развенкова А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в производстве проводников широко используется не только алюминий, но и различные сплавы меди. Изучение и анализ распределения температурного поля, создаваемого проводниками с током из алюминия и константана, в воздушной среде в нестационарном режиме является актуальной задачей. Для расчетов, визуального построения модели и распределения температурного потока использовалась программа ElcutStudent.

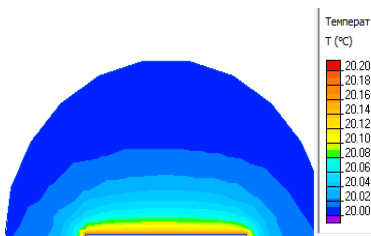


Рис.1. Диаграмма распределения температуры в воздухе и образце из алюминия при силе тока 2,5 А в момент времени 300 с

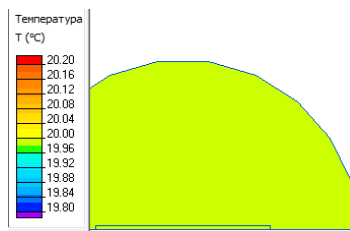


Рис.2. Диаграмма распределения температуры в воздухе и образце из константана при силе тока 2,5 А в момент времени 300 с

В качестве модели использовался проводник с током длиной 20 см, диаметром 10 мм из константана и алюминия. Задача решалась методом конечных элементов. В программе установлено ограничение на 255 элементов, что мало влияет на точность полученных результатов. Расчетная оценка изменения температуры нагрева проводника осуществлялась за период времени 300 с. Тип модели: плоская, осесимметричная.

На рис. 1-2 представлены результаты расчета распределения температуры в воздушной среде при пропускании тока 2,5 А в образцах из алюминия и константана. Из рис. 1-2 видно, что конвективный теплообмен от образца из алюминия более интенсивен, чем от образца из константана. Однако при заданных условиях температура окружающей среды и в том, и в другом случае изменяется незначительно.

Исследование распределения температурного поля в воздухе при нестационарной теплопередаче от проводника с током

Развенкова А. Ю., Харитончик А. С.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является анализ распределения температурного поля в воздушной среде, рассчитанного с помощью программы ElcutStudent, создаваемого проводником с током из нихрома в воздушной среде в нестационарном режиме.

В данной работе была построена геометрическая модель проводника длиной 20 см и диаметром круглого сечения 1,0 см в воздушной среде. На первом этапе была решена задача определения мощности тепловыделения с поверхности проводника из нихрома при пропускании тока силой в 2,5 А. Распределение напряженности поля напряженность электрического поля с изолиниями потенциала в проводнике и среде показана на рис. 1.

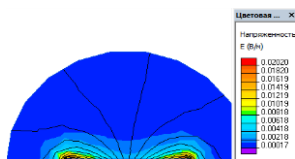


Рис. 1. Распределение напряженности электрического поля проводника из нихрома при токе 2,5 А

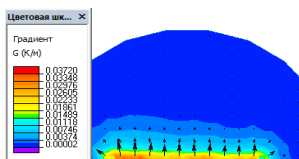


Рис. 2. Направление и величина градиента температуры в момент времени 300 от проводника из нихрома при токе 2,5 А

На основе полученных данных о мощности тепловыделения решалась задача нестационарной теплопередачи с учётом конвекции воздуха на поверхности проводника. Исходными данными являлись: удельная электропроводность, теплопроводность, теплоёмкость, плотность нихрома. Коэффициент конвекции $\alpha = 10 \text{ Вт}/(\text{К}\cdot\text{м}^2)$, начальная температура окружающей среды $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Время нагрева составило 300 с.

На рис. 2 представлено направление градиента температуры при конвекции к концу 300 с. Расчет показал, что за данный промежуток времени значительного изменения температуры в воздушной среде не произошло, отклонение от начальной не превысило 0,2 град, что находится в районе погрешности. Для значительного изменения температуры окружающей среды следует использовать более высокие токи и конфигурационно более длинные проводники, как это делается в высокотемпературных электропечах.

Моделирование спектров светоизлучающих диодов

Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время светоизлучающие диоды на основе гетероструктур InxGaN/GaN с множественными квантовыми ямами находят широкое применения благодаря высокой излучательной эффективности, несмотря на огромное количество структурных дефектов в этих структурах. Экспериментальные результаты [1] говорят о том, что механизм электролюминесценции в этих структурах является результатом радиационной рекомбинации в In обогащенных областях играющих роль квантовых точек (QD), сформированных в результате фазового разделения в InGaN квантовых ямах (QW) благодаря низкой смешиваемости InN в GaN. Это приводит к необходимости, при моделировании спектров электролюминесценции рассматривать модель, состоящую из квантовых точек в квантовых ямах. Скорость спонтанного излучения, в которую вносят вклад QD и QW, определяется: $r_{2d}^{sp}(E) = b_{qw}r_{qw}^{sp}(E) + r_{qd}^{sp}(E)$, где b_{qw} - коэффициент между нулём и единицей, пропорциональный отношению площади квантовой ямы к общей площади. Скорость спонтанного излучения в квантовых точках[2]:

$$r_{qd}^{sp}(E) = \sum_s \sum_{i,j} \frac{q^2 n_r E M_b^2 N_{qd}(s)}{\pi \epsilon_0 m_0^2 \hbar^2 c_0^3 t_{cmpl}} |\langle \varphi_{is} | \varphi_{js} \rangle|^2 G_s(E - E_{ijs}) f_c(1 - f_v)$$

Сумма вычисляется по всем возможным электронным и дырочным состояниям и всем размерам точек. $N_{qd}(s)$ – поверхностная плотность квантовых точек с размером s . M_b – матричный элемент. t_{cmpl} – толщина точечно ямного комплекса. $G_s(E)$ – функция уширения Гаусса, учитывающая внутризонное и неоднородное уширение. $f_c(E_{i,s})$ – функция Ферми. Скорость спонтанного излучения в квантовых ямах [3]:

$$r_{qw}^{sp}(E) = \sum_{i=j} \left(\frac{2\pi}{\hbar} \right) |H_{ij}|^2 f_j'(1 - f_i') D(E) \rho_{ij}$$

$D(E)$ - приведенная плотность состояний, ρ_{ij} - электронная плотность состояний, $|H_{ij}|^2$ – оптический матричный элемент.

Зарядовые свойства границ раздела Si-SiO₂ и Si-SiO₂-Si₃N₄¹Бринкевич Д. И., ¹Просолович В. С., ¹Янковский Ю. Н., ²Черный В. В.¹Белорусский государственный университет²Белорусский национальный технический университет

Одним из важных требований, предъявляемых к базовому диэлектрику, является минимальный заряд на границе раздела диэлектрик-полупроводник. Однако при легировании базы через базовый диэлектрик, происходит резкое возрастание положительного заряда на границах раздела Si-SiO₂ в 5-6 раз, а на границах раздела Si-SiO₂-Si₃N₄ – в 9-10 раз, достигая величины $(9-10) \cdot 10^{12} \text{см}^{-2}$. Это вызывает уменьшение пробивного напряжения межкомпонентной диэлектрической изоляции, а также короткое замыкание инжектор-база за счет появления в базе р-канальной утечки.

С целью минимизации заряда на границе полупроводник-диэлектрик проведены исследования влияния толщины Si₃N₄ на зарядовые свойства системы Si-SiO₂-Si₃N₄. Пленка SiO₂ толщиной 20 нм, использовалась для уменьшения термических напряжений в системе Si-Si₃N₄, обусловленных разницей в коэффициентах их термического расширения. Полученные результаты позволили установить, что минимальный заряд на границе раздела имеет место при толщине Si₃N₄ равной 0,13 мкм. Это обусловлено незначительными термическими напряжениями в данной системе, которые компенсируются при таких толщинах SiO₂ и Si₃N₄. Увеличение толщины Si₃N₄ приводит к преобладанию напряжений, вносимых им в систему, а следовательно, к увеличению термических напряжений в ней.

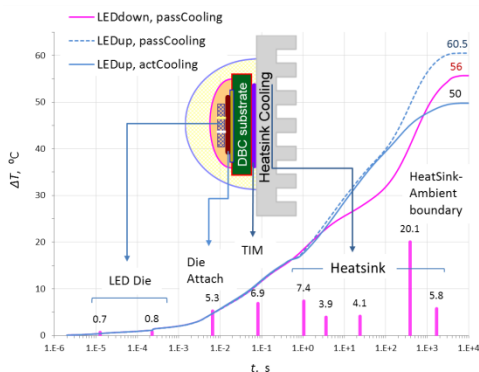
Установлено, что при вскрытии контактных окон в SiO₂ после создания базовой области происходит одновременное травление базового диэлектрика и SiO₂ в области межкомпонентной изоляции. Это вызывает образование рельефа на поверхности кремния, и в эмиттерном окне на границе с изолирующим окислом образуется углубление за счет перетрава межкомпонентной изоляции. В результате после создания эмиттера в данных местах происходит сужение ширины базы, что вызывает деградацию ВАХ биполярного транзистора вплоть до короткого замыкания между эмиттером и базой. При использовании в качестве базового диэлектрика Si₃N₄ устраняются недостатки, присущие SiO₂. В этом случае базовая область может формироваться до осаждения Si₃N₄, т.к. при вскрытии контактных окон в нем за счет селективного, относительно SiO₂, плазмохимического его травления удается исключить подтравливание базового диэлектрика и образование углублений на границе с межкомпонентной изоляцией.

Временное распределение температуры перегрева COB матрицы в мощном светодиодном модуле CD-RL850-150

Бумай Ю. А., Васьков О. С., Нисс В. С.

Белорусский национальный технический университет

При разных условиях охлаждения исследованы зависимости температуры перегрева ΔT активной области мощного светодиодного уличного светильника CD-RL850-150 (150 Вт, цветовая температура 2200 К) с от времени. Активный элемент светильника – интегрированная матрица типа СХМ22 (технология – chip on board или COB). Измерения и анализ производились с использованием разработанного в БНТУ релаксационного импеданс – спектрометра тепловых процессов на основе метода тепловой релаксационной дифференциальной спектроскопии. Результаты измерений приведены на рисунке.



Зависимость температуры перегрева активной области светильника (непрерывные линии) и ее дискретное распределение по элементам структуры светильника (вертикальные линии)

Из рисунка видно, что температура перегрева ΔT активной области лампы монотонно возрастает в течение первых 2-х часов после включения и достигает уровня 61 °C при пассивном охлаждении (естественной конвекцией воздуха) и 50 °C при активном (принудительном обдуве). В положении лампы излучателем вниз температура перегрева составляет 55-56 °C без принудительного охлаждения. Тепловая мощность, рассеиваемая светильником, составила 65 Вт. Можно сделать вывод, что достаточно большой наибольший вклад в перегрев светильника вносит неэффективный тепловой дизайн его радиатора.

Структура теплового сопротивления мощного светодиодного модуля для уличного освещения CD-RL850-150

Бумай Ю. А., Васьков О. С., Нисс В. С.
Белорусский национальный технический университет

Методом тепловой релаксационной дифференциальной спектрометрии (ТРДС) с использованием релаксационного импеданс - спектрометра исследована структура теплового сопротивления мощного светодиодного (СИД) светильника CD-RL850-150 (150 Вт), используемого в промышленном и уличном освещении. Активный элемент лампы – COB матрица типа СХМ22.

Для однозначной идентификации в ТРДС спектрах элементов структуры светильника были проведены дополнительные измерения в режиме с принудительным обдувом радиатора и в режиме с ослабленным прижимом COB матрицы к радиатору, что позволило выделить на полученных спектрах положение TIM – слоя (слоя посадки матрицы) и границы радиатор – внешняя среда. Результаты измерений содержатся в таблице.

Тепловые характеристики элементов структуры CD-RL850-150

Элементы структуры светильника	Тепловое сопротивление R_{th} , К/Вт	Время тепловой релаксации τ_{th}
Кристаллы СИД	0.023	0.21 мс
Слой посадки СИД	0.09	6.5 мс
COB матрица	0.12	6.8 мс
TIM – слой	0.11	0.082 с
Радиатор*	0.63 /0.74 /0.54	1700 с
R_{ja} светильника*	0.85 /0.95/0.75	
* - COB –матрица вниз/ COB –матрица вверх/ COB –матрица вверх + активное охлаждение.		

Как видно из таблицы, наибольший вклад в полное тепловое сопротивление лампы R_{ja} от активной области до окружающей среды (junction – ambient) вносит сопротивление радиатора, которое при различных режимах измерения составляет от 72 до 78 % R_{ja} .

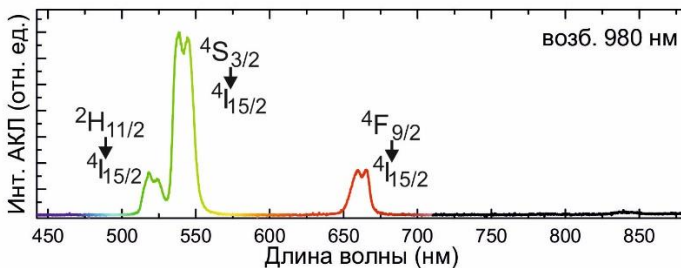
Спектрально-люминесцентные свойства стекол системы Zr(Hf)F₄-BaF₂-LaF₃-AlF₃-NaF, активированных ионами эрбия и иттербия

¹Вилейшикова Е. В., ¹Юмашев К. В., ²Бреховских М. Н.

¹Белорусский национальный технический университет

²Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Российской академии наук, Москва

Фторцирконатные и фторлантановые стекла системы Zr(Hf)F₄-BaF₂-LaF₃-AlF₃-NaF характеризуются хорошей стеклообразующей способностью и физико-химическими свойствами, являются перспективными оптическими матрицами, поскольку обладают широкой областью прозрачности и низкофононным положением спектра. Это оказывается благоприятным для наблюдения видимой ап-конверсии ионов Er³⁺. В настоящей работе исследованы свойства ап-конверсионной люминесценции (АКЛ) ионов Er³⁺ в стеклах данной системы, активированных ионами Er³⁺ и Yb³⁺. Yb³⁺ является сенситизатором АКЛ Er³⁺. При возбуждении в полосу поглощения Yb³⁺ (980 нм), в образце наблюдается интенсивная видимая люминесценция (рисунок). Наиболее интенсивные полосы с максимумами интенсивности при 517, 538 и 659 нм относятся к переходам Er³⁺ ²H_{11/2}→⁴I_{15/2}, ⁴S_{3/2}→⁴I_{15/2} и ⁴F_{9/2}→⁴I_{15/2}, соответственно.



Спектр и ап-конверсионной люминесценции стекла системы системы
Zr(Hf)F₄-BaF₂-LaF₃-AlF₃-NaF, активированного Er³⁺ и Yb³⁺

По результатам исследования зависимости интенсивности полос АКЛ от мощности накачки было установлено, что в наблюдаемой ап-конверсии участвуют преимущественно двухфотонные процессы. Согласно стандарту CIE 1931 наблюдаемая АКЛ характеризуется цветовыми координатами (0.231, 0.757), с доминантной длиной волны 539.39 нм и параметром чистоты цвета ~ 100 %.

**Температурные зависимости электрических свойств
полупроводниковых тонких пленок $\text{Cu}(\text{In},\text{Zn})\text{Se}_2$** ¹Иванов В. А., ²Гременок В. Ф.¹Белорусский национальный технический университет,²ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Полупроводниковое соединение $\text{Cu}(\text{In}_x\text{Zn}_{1-x})\text{Se}_2$ является перспективным материалом для создания эффективных солнечных элементов и имеет ширину запрещенной зоны 1.04-2.67 эВ ($0 \leq x \leq 1$). Для оптимального фотопреобразования в наземных условиях ширина запрещенной зоны поглощающего слоя солнечного элемента должна составлять 1.3-1.5 эВ, что выше соответствующего значения для применяемого в настоящее время в солнечных элементах CuInSe_2 , равного 1.04 эВ. Это предполагает возможное использование исследуемых пленок в тонкопленочных солнечных элементах как в качестве оптически активного слоя, так и в качестве широкозонного окна.

Целью настоящей работы было исследование температурных в интервале 100-400К зависимостей электропроводности полученных методом двухстадийной селенизации пленок с концентрацией атомов цинка $N_{\text{Zn}} = 4,7$ ат.% и обогащенных атомами индия (соотношение между атомами металлов $\text{Cu}/\text{In} = 0,57$).

Установлено, что электропроводность пленок при изменении температуры изменяется в соответствии с известной зависимостью $\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E_a/kT)$, где ΔE_a – энергия активации соответствующего энергетического уровня в запрещенной зоне, определяющего изменение электропроводности в заданном температурном интервале.

Энергии активации для исследованных пленок с концентрацией атомов цинка $N_{\text{Zn}} = 4,7$ ат.% составляла $\Delta E_{a1} = 74$ мэВ в температурном интервале $\Delta T = 200-400$ К и $\Delta E_{a2} = 15$ мэВ в температурном интервале $\Delta T = 100-150$ К. Так как исследовались пленки с избытком атомов индия, то наиболее вероятными дефектами в пленках являются вакансии меди (V_{Cu}) и дефекты замещения типа атом индия на месте атома меди (In_{Cu}) и атом цинка на месте атома меди (Zn_{Cu}). Учитывая данные о существующих дефектах в пленках CuInSe_2 можно предположить, что энергия активации ΔE_{a1} соответствует дефектам Zn_{Cu} а энергия активации ΔE_{a2} соответствует дефектам V_{Cu} .

Полученные результаты могут быть использованы в технологии создания тонкопленочных солнечных элементах.

Немарковский процесс излучательной рекомбинации в сверхъярких светодиодах

Красовский В. В.

Белорусский национальный технический университет

Процесс называется марковским (или процессом без последствия), если для каждого момента времени вероятность любого состояния системы в будущем зависит только от состояния системы в настоящий момент и не зависит от того, каким образом система пришла в это состояние. Примером такого процесса может служить распад радионуклидов: $N(t)/N_0 = 2^{-t/T_{0,5}}$, где $N(t)$ – число не распавшихся нуклидов к моменту времени t , N_0 – их начальное число, $T_{0,5}$ – период полураспада. Для отдельно взятого нуклида это отношение представляет вероятность «прожить» еще, не распавшись, в течение времени t , которая не зависит от того, сколько времени до этого существовал нуклид. Очевидно, что вероятность прожить еще 10 лет по достижении человеком двадцатилетнего возраста значительно выше, чем по достижении 80 лет. Следовательно, жизнь человека – немарковский процесс, он не может быть описан приведенной выше экспоненциальной зависимостью. Чем сложнее система, тем более скоррелированы протекающие в ней процессы и тем в большей степени они имеют немарковский характер.

Аналогично, процесс рекомбинации неравновесных электронно-дырочных пар в лазерных диодах в режиме генерации является немарковским, поскольку обусловлен вынужденными, в высшей степени скоррелированными, излучательными переходами. Напротив, считается, что излучение светодиодов обусловлено спонтанной рекомбинацией неравновесных носителей и последняя должна представлять собой марковский процесс. Однако использование в качестве активной области квантовых ям и высокие значения номинальных токов накачки приводят к проявлению кооперативных эффектов в рекомбинации, что подтверждают измерения времени жизни неравновесных носителей. О немарковском характере процесса рекомбинации в светодиодах с квантовыми ямами говорит и анализ формы полосы их люминесценции.

Оптимальная структура активной области светодиодов на основе нитрида индия-галлия

Красовский В. В.

Белорусский национальный технический университет

По ширине запрещенной зоны твердые растворы $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ перекрывают весь видимый диапазон. Но при больших значениях x качество слоев активной области оказывается неудовлетворительным для создания светодиодов (СД) с высокой квантовой эффективностью. Поэтому из нитридов производят СД зеленой и более коротковолновых областей спектра. Желтые и красные получают в системе AlGaInP/GaAs . Эти гетероструктуры имеют полностью изопериодический с GaAs химический состав и характеризуются малой плотностью дислокаций.

По причине отсутствия технологии получения объемного нитрида галлия гетероструктуры в системе Al-Ga-In-N выращивают на подложках из сапфира либо карбида кремния. Вследствие рассогласования параметров кристаллических решеток у подложки и структуры, светодиоды в этой системе имеют плотность дислокаций до 10^{10} см^{-2} . Слои $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ не изопериодичны с GaN . Для компенсации механических напряжений активную область в мощных СД выращивают в виде многослойной квантово-размерной структуры. В работе исследовалось влияние режимов роста на структурные свойства и эффективность люминесценции η СД из нитрида индия-галлия. Выяснилось, что максимальное значение η достигается в ситуации, когда активная область представляет собой набор разрозненных островков $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$, что авторы объясняют подавлением латерального транспорта носителей к центрам безызлучательной рекомбинации. На наш взгляд, из-за большого пьезоэлектрического коэффициента в структурах InGaN/GaN существует энергетический рельеф, приводящий при сплошном характере слоев активной области к пространственному разделению электронов и дырок и заметному снижению эффективности люминесценции.

Фотолюминесценция поликристаллических пленок CdS-CdSe¹Манего С. А., ²Ивлев Г. Д., ³Трофимов Ю. В.¹Белорусский национальный технический университет²Белорусский государственный университет³РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий
Национальной академии наук Беларуси»

Одним из перспективных полупроводниковых материалов для изготовления оптоэлектронных структур, являются соединения типа CdS-CdSe. В поликристаллических полупроводниковых пленках толщиной менее 1 мкм одним из актуальных являются генерационно-рекомбинационные процессы. Одним из методов, позволяющих существенно модифицировать структуру полупроводникового материала и целенаправленно изменить его физические характеристики, является метод импульсного лазерного воздействия. В этой связи нами были проведены исследования влияния наносекундного лазерного облучения на люминесцентные свойства поликристаллических пленок CdS-CdSe. Лазерная модификация пленок проводилась при следующих условиях: длительность импульса излучения рубинового лазера составляла 80 нс, диаметр зоны облучения – 4.5 мм, неоднородность распределения энергии в лазерном пятне не превышала $\pm 5\%$. Плотность энергии (W) в зоне облучения варьировалась калиброванными нейтральными фильтрами в интервале 0.01 ... 0.5 Дж/см².

Анализ спектров люминесценции поликристаллических пленок CdS_xSe_{1-x} (0,2 < x < 0,5) показал, что интенсивность и положение полос фотолюминесценции поликристаллических пленок зависят от условий воздействия как величины плотности лазерной энергии, так и от условий легирования и рекристаллизации пленок. Так максимум интенсивности полосы ($\lambda_{\max}=920$ нм), которая обусловлена излучательными переходами на уровень, вакансия кадмия - междоузельный атом серебра, смещается в длинноволновую область (до $\lambda_{\max}=985$ нм) с ростом плотности энергии лазерного облучения. Следует отметить, что аналогичное смещение наблюдалось и при легировании поликристаллических пленок CdS-CdSe в газовой фазе.

Таким образом, выяснено, что метод лазерной обработки может быть эффективно использован в технологии формирования высокоомных фоточувствительных поликристаллических пленок CdS-CdSe.

Исследование электрической модели кумулятивного эффекта

Развин Ю. В.

Белорусский национальный технический университет

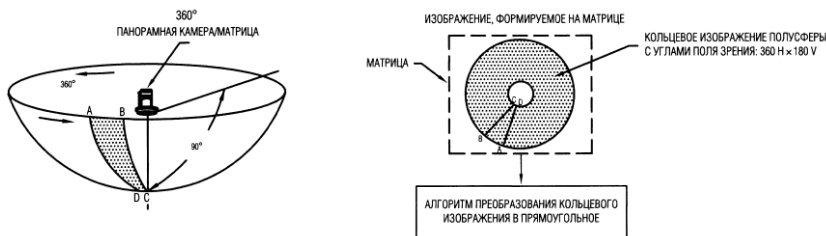
Явление кумулятивного эффекта представляет собой существенное кратковременное увеличение в определенном направлении плотности энергии, выделяемой в ограниченном объеме исследуемой среды. Для анализа особенностей формирования и кинетики данного эффекта наиболее удобно использовать методы моделирования: используются жидкие диэлектрические среды, в которых осуществляется электрический разряд. В этом случае применима гидродинамическая модель кумулятивного эффекта, разработанная Лаврентьевым М.А., в основе которой лежит решение классической задачи о соударении двух струй идеальной жидкости. Необходимо отметить, что в рамках данной модели не учитываются возникновение в рабочем объеме также электрогидродинамических эффектов и процесса кавитации. Целью данной работы является разработка экспериментальной установки для исследования электрической модели кумулятивного эффекта и определение пороговых условий возникновения и развития наблюдаемых эффектов в заданном объеме рабочей жидкости.

В работе применялся высоковольтный разряд в дистиллированной воде. Для получения высокого напряжения были разработаны схемы умножения, обеспечивающие регулируемый диапазон рабочих напряжений 7,5...25 кВ. Накопительная батарея емкостей собрана на основе конденсаторов К15-4 (470 пФ x 30 кВ). Использование данных конденсаторов позволяло получать импульсы длительности 10^{-5} ... 10^{-3} с. Межэлектродный промежуток рабочего разрядника изменялся в пределах 0,5...3 мм. Для управления высоковольтной схемой использовались дополнительные воздушный либо вакуумный разрядники, включаемые последовательно в цепь рабочего разрядника. В зависимости от формы рабочего объема наблюдались эффекты электрогидродинамического удара ($L_{раз} \ll L_{об}$) либо кумулятивный эффект ($L_{раз} \approx L_{об}$), регистрируемый по формированию кумулятивных струй. Методом оптического зондирования рабочего объема зарегистрирована распространяющаяся в нем ударная волна.

Сравнительный анализ видеосистем кругового обзора

¹Развин Ю. В., ²Развин И. Ю.¹Белорусский национальный технический университет,²ООО «Совершенные системы»

Прикладное видеонаблюдение и связанные с ним охранные технологии получили быстрое развитие благодаря появлению IP-камер, пришедшим на смену аналоговым видеокамерам. Традиционным техническим решением для кругового контроля является применение поворотных PTZ-камер с объективом типа Zoom. В них осуществляется процесс динамического изменения направления видеорегистрации и коэффициента масштабирования камер: первая коррекция (Pan/Tilt) производится за счет поворота камеры управляемым моторизованным механизмом, масштабирование происходит путем регулируемого изменения фокусного расстояния объектива (Zoom). Основным недостатком, ограничивающим использование поворотных PTZ-камер, является наличие “слепых зон”, перекрыть которые не удастся даже при увеличении числа подобных камер. Одним из альтернативных решений данной проблемы является применение панорамных многопиксельных HD-камер [1]. Одна такая камера эффективнее поворотной камеры и способна заменить несколько фиксированных PTZ-камер, поскольку производит одновременный обзор всей территории при полном исключении “слепых зон”. Это обеспечивает лучшую функциональность используемых видеосистем с панорамным обзором. Именно такие видеокамеры совершают настоящий прорыв в организации интегрированных систем безопасности. На рисунке представлена принципиальная схема панорамной видеорегистрации HD-камерой.



Нарушение поляризационной симметрии в продольном магнитном поле

Свирина Л. П.

Белорусский национальный технический университет

Учет векторного характера электромагнитного поля в нелинейной динамике лазерных систем, предполагает появление симметрии (инвариантности) динамических систем по отношению к преобразованию состояния поляризации волны. Инвариантность уравнений проявляется как поляризационная бистабильность и мультистабильность, а также в виде явлений нарушения и восстановления поляризационной симметрии.

Математически эффекты, сопровождающиеся изменением свойств симметрии стационарных и периодических решений, описываются симметричными (сингулярными) бифуркациями.

В настоящей работе рассмотрены явления нарушения поляризационной симметрии в одномодовом двухчастотном линейном газовом лазере в присутствии продольного магнитного поля на активной среде.

Для стационарных режимов генерации нарушение поляризационной симметрии имеет место при снятии вырождения лазерной моды по поляризации, т. е. при переходе от одночастотного режима генерации к двухчастотному.

При наложении магнитного поля, действие которого аналогично действию циркулярной фазовой анизотропии резонатора, в случае $j \leftrightarrow j$ -переходов между рабочими уровнями среды волна с круговой поляризацией, устойчивая в отсутствие магнитного поля, распадается на две волны с ортогональными линейными состояниями поляризации. В случае переходов $j \leftrightarrow j+1$ линейно поляризованная волна распадается на две волны с циркулярными ортогональными состояниями поляризации.

Нарушение симметрии для периодических режимов генерации возникает в присутствии синусоидального магнитного поля на активной среде. В области резонанса $1/1$ симметричный S-цикл распадается на два асимметричных M-цикла, и выбор одного из них в генерации определяется знаком напряженности магнитного поля. При увеличении амплитуды магнитного поля обнаружено восстановление поляризационной симметрии. При этом оба асимметричных M-цикла одновременно теряют устойчивость и формируют симметричное колебание со сложной формой и очень большим периодом.

Электрические и оптические свойства светодиодов повышенной яркости свечения

Черный В. В.

Белорусский национальный технический университет

Светодиоды повышенной яркости свечения [1] широко используются на практике. Важной проблемой является выяснение причин их деградации. Хотя данной проблеме посвящено большое количество исследований, причины деградации во многом неясны.

В данной работе исследовались электрические и оптические свойства белых светодиодов производства нескольких фирм в процессе длительной эксплуатации. Исследовались вольтамперные и вольт - емкостные характеристики светодиодов, в также их интегральная интенсивность излучения.

Исходные вольтамперные характеристики в полулогарифмическом масштабе оказались нелинейными при напряжениях до 2,4 В. Характер нелинейности типичен для захвата носителей заряда. При дальнейшем росте напряжения до 2.9 В данные характеристики оказались линейными и соответствовали модели рекомбинации через примесные центры в области пространственного заряда.

Вольтфарадные характеристики светодиодов в координатах $C^{-2}(U)$, в отличие от модели резкого р-п перехода, оказались нелинейными. При увеличении прямого смещения от $\sim 0,5$ до ~ 1 В емкость резко возросла (\sim на 50 – 60 %). При приближении к напряжению отсечки ($\sim -2,5$ В) наклон кривых $C^{-2}(U)$ уменьшался. В процессе длительной эксплуатации интегральная интенсивность излучения падала на начальной стадии по экспоненциальному закону. В дальнейшем данная закономерность сохранялась, однако постоянная времени увеличивалась. Наблюдались также заметные изменения вольтамперных и вольтфарадных характеристик.

Предварительный анализ полученных данных показывает, что качественно они согласуются с моделью излучающих структур с квантовыми ямами.

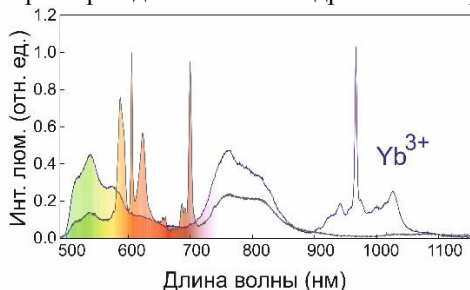
Люминесценция кристаллов многокомпонентных гранатов $\text{Ca}_2\text{YSc}_2\text{GaSi}_2\text{O}_{12}$, активированных ионами европия и иттербия

¹Юмашев К. В., ¹Вилейшикова Е. В., ²Хайдуков М. Н.

¹Белорусский национальный технический университет

²Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова
Российской академии наук, Москва

В работе представлены результаты исследования спектрально-люминесцентных свойств новых керамических люминофоров со структурой граната $\text{Ca}_2\text{YSc}_2\text{GaSi}_2\text{O}_{12}$, активированных ионами Eu^{3+} и Yb^{3+} . Концентрационная серия люминофоров синтезированы в гидротермальных условиях, затем спрессованы в плотные оптически непрозрачные пластины (ИОНХ РАН, Хайдуков М.Н.). На рисунке приведены спектры образцов, активированных 10 ат.% Eu^{3+} и образца, соактивированного 10 ат.% Yb^{3+} и 10 ат.% Eu^{3+} . При возбуждении на длине волны $\lambda = 405$ нм в образце, содержащем Eu^{3+} наблюдаются интенсивные структурированные полосы со спектральным положением пиков 584, (604 и 623) и 699 нм, соответствующих оптическим переходам $\text{Eu}^{3+} \text{ } ^7\text{F}_0 \rightarrow ^5\text{D}_1$, $^7\text{F}_0 \rightarrow ^5\text{D}_2$ и $^7\text{F}_0 \rightarrow ^5\text{D}_4$, соответственно. Спектр характерен для Eu^{3+} в октаэдрическом окружении.



Спектр и люминесценции керамических люминофоров $\text{Ca}_2\text{YSc}_2\text{GaSi}_2\text{O}_{12}$, активированных Eu^{3+} и соактивированных Eu^{3+} и Yb^{3+}

В соактивированном Eu^{3+} и Yb^{3+} при ближнем УФ возбуждении наблюдается полная деградация ионов Eu^{3+} , сопровождающаяся появлением интенсивных широких полос (переходы с переносом заряда) и переносом энергии к ионам Yb^{3+} . Эффективность восстановления $\text{Eu}^{3+} \rightarrow \text{Eu}^{2+}$ имеет сложную концентрационную зависимость, и увеличивается в соактивированных Eu^{3+} и Yb^{3+} образцах. Дальнейшие исследования будут направлены на установление механизмов данного процесса и исследования квантовой эффективности переноса $\text{Eu}^{2+} \rightarrow \text{Yb}^{3+}$.

Динамика и механизмы релаксационных процессов в искусственных триадах «триптофан-порфирин-хинон»

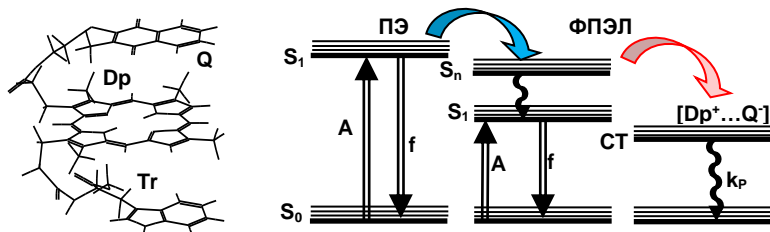
¹Зенькевич Э. И., ²Кнюкшто В. Н., ²Ступак А. П., ³Ларкина Е. А.

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

²Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Б, Минск, Беларусь

³Московский Технологический университет, Москва, Россия

Мультимолекулярные системы различного состава и морфологии на основе тетрапиррольных соединений являются хорошими моделями для детального исследования путей и механизмов протекания первичных фотопроецессов в фотосинтетических комплексах *in vivo*, а также представляют интерес для нано- и биотехнологий. В докладе в сравнительном плане рассматриваются экспериментальные спектрально-флуоресцентные и кинетические характеристики триады, содержащей метилированный дейтеропорфирин IX DpIX(OMe)₂, триптофан и хинон (Тр-Др-Q), а также двух диад «дейтеропорфирин-хинон» (Др-Q) и «триптофан-дейтеропорфирин» (Тр-Др). На основании полученных результатов проводится сравнительный количественный анализ механизмов релаксации возбужденных состояний в таких комплексах [безызлучательный S-S перенос энергии (ПЭ) электронного возбуждения Тр^{*}→Др и фотоиндуцированный перенос электрона Др→Q (ФПЭЛ)], а также выполнен теоретический расчет основных параметров этих процессов.



Установлено, что экспериментальные вероятности процессов ПЭ и ФПЭЛ в рассматриваемых комплексах хорошо коррелируют с теоретическими расчетами (модель ферстеровского диполь-дипольного ПЭ Ферстера и полуклассическая теория Маркуса для неадиабатического ФПЭЛ в «нормальной области») в рамках с учетом геометрических параметров для оптимизированных структур и вариации этих параметров за счет стерических взаимодействий между молекулярными фрагментами.

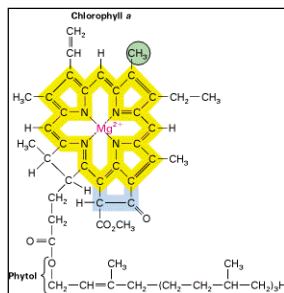
Финансовая поддержка работы: ГПНИ Конвергенция-2020 3.03.

Моделирование первичных фотопроцессов с участием хлорофилла и его аналогов *in vitro*

Зенькевич Э. И.

Белорусский национальный технический университет

200 лет назад был открыт хлорофилл - «пигмент жизни», играющий определяющую роль в протекании первичных фотопроцессов фотосинтеза на Земле. Эти процессы основаны на двух взаимосвязанных явлениях: безызлучательном переносе энергии электронного возбуждения (ПЭ) в светособирающих антеннах и фотоиндуцированном переносе электрона (ФПЭЛ) в реакционных центрах. В докладе представлены результаты исследования спектрально-кинетических свойств и моделирования фотоиндуцированных процессов с участием хлорофилла «а» (Хл) и его аналогов *in vitro*: высококонцентрированные ($C \sim 10^{2 \pm 2} \times 10^{-1}$ М) растворы и самоорганизованные наноансамбли различной морфологии (химические димеры, самособирающиеся триады, пентады, октады и полимерные агрегаты пигментов). В растворах Хл и его аналогов количественно обоснованы новые пути релаксации возбужденных синглетных S_1 и триплетных T_1 состояний: направленный S-S ПЭ в условиях неоднородного уширения, ферстеровский S-T-T ПЭ с участием триплетных состояний при мощном импульсном возбуждении, дистанционные процессы ФПЭЛ по механизму «суперобмена». В химических димерах тетрапиррольных макроциклов впервые удалось исследовать и обосновать механизмы специфических релаксационных процессов: S-S ПЭ при селективном лазерном возбуждении при 4.2 К, дистанционные обменные d-π эффекты, эффекты вибронного взаимодействия, NH-таутомерия в несимметричных макроциклах. Для самособирающихся триад и пентад методами пикосекундной флуоресцентной и фемто-секундной транзистентной спектроскопии установлены количественные корреляции между структурно-конформационной организацией комплексов и динамикой релаксационных процессов в них, которая управляется вариацией температуры (4.2÷300 К) и полярности растворителя. Установлено, что ПЭ в упорядоченных полимерных агрегатах Хл относится к случаю некогерентной «горячей» миграции («локализованный экситон») в условиях сильной электрон-фононной связи.



**Оптический метод контроля содержания продуктов сгорания в масле
дизельных ДВС**

Маркова Л. В.

Белорусский национальный технический университет

Ужесточенный контроль за выхлопом оксидов азота и сажи в окружающей среде дизельными двигателями внутреннего сгорания (ДВС) вызвал необходимость использования в двигателях рециркуляции выхлопного газа, что приводит к значительному повышению концентрации сажи в масле и потере диспергирующе-стабилизирующих и противоизносных свойств масла, увеличению его вязкости, осаждению сажи и перекрытию прохода масла, забивка фильтра. Для своевременной замены масла актуальной является задача создания устройств контроля, встроенных в систему смазки автомобиля, которые позволят получать оперативные данные о содержании сажи в масле.

В данной работе для контроля содержания сажи в масле ДВС разработаны теоретические основы волоконно-оптического метода, базирующегося на явлении нарушения закона полного внутреннего отражения. Показано, что мощность оптического излучения, пропускаемого через чувствительный световод, поверхность которого контактирует с тестируемым маслом, уменьшается при увеличении концентрации сажи в результате действия трех факторов: (1) увеличение показателя преломления масла и уменьшение части диаграммы направленности излучения, которое претерпевает полное внутреннее отражение; (2) рост поглощения в тонком слое при нарушении полного внутреннего отражения; (3) увеличение показателя преломления масла, следствием чего является уменьшение коэффициента отражения лучей, распространяющихся в световоде под углом, меньшим критического. Разработан алгоритм расчета оптимальных параметров датчиков с плоским и цилиндрическим световодным элементом для обеспечения высокой чувствительности к концентрации сажи в дизельном моторном масле.

Предложенный метод реализован в датчике, в котором в качестве цилиндрического световода используется оптический стержень с показателем преломления (1,51) большим, чем показатель преломления тестируемого масла (1,48–1,49). Оптическое излучение светодиода вводится в световод и выводится из него на фотодиод с помощью оптических волокон. Датчик встраивается в линию циркуляции масла, измеряет концентрацию сажи в диапазоне 0–10 мас.%, сравнивает ее с критической и выдает сообщение о необходимости замены масла.

Князев М. А., Блинкова Н. Г., Митькина Н. Н.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время значительное внимание уделяется изучению нелинейных задач, в которых для описания той или иной системы используется не одно, а несколько полей. Наиболее хорошо изучены такие задачи в случае скалярных полей. Дальнейшее обобщение такого рода задач связано с использованием для описания потенциального взаимодействия рассматриваемых скалярных полей так называемых деформированных потенциалов. Эти потенциалы отличаются от обычных потенциалов тем, что содержат в виде сомножителей некоторые параметры, изменяющие величину взаимодействия.

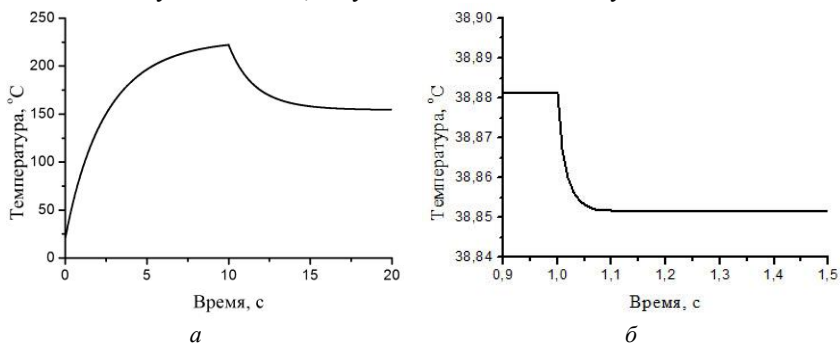
В работе рассмотрена модель, учитывающая взаимодействие двух скалярных полей – поля теории ϕ^4 и поля ψ теории синус-Гордон. Для данной модели выведены уравнения движения и построены их статические решение в виде кинков. Это стало возможным сделать благодаря специальному выбору постоянного коэффициента, связывающего поле ϕ и косинус поля ψ . Переход от статических решений к решениям в виде распространяющихся волн осуществлен посредством преобразования Лоренца, что возможно вследствие лоренц-инвариантности составного лагранжиана системы. Таким образом, несмотря на то, что уравнения движения являются нелинейными и поля связаны нелинейным соотношением, тем не менее для специального случая удалось отделить одно поле от другого.

В этой же работе записан лагранжиан для системы указанных двух полей при однопараметрическом деформировании. Единственным условием на значение параметра деформирования было физически обоснованное требование того, чтобы он являлся действительным. При этом деформированию подверглись не только составные части свободных лагранжианов обоих скалярных полей, но и та его часть, которая описывает их взаимодействие. Для данной гораздо более сложной системы явное решение уравнений движения не было получено. Нами построено это решение в явном виде в общем случае произвольного значения коэффициента, связывающего поле ϕ и косинус поля ψ . Данное решение в частном случае переходит в решение, полученное в работе. Таким образом, можно сделать вывод, что возможно такое деформирование потенциалов системы, которое сохраняет её лоренц-инвариантность.

Компьютерная оптимизация быстродействия алмазного датчика для измерения скорости потока газа

Хорунжий И. А., Мартинович В. А., Казючиц Н. М., Русецкий М. С.
Белорусский национальный технический университет

Возможность использования малогабаритного алмазного датчика для измерения скорости потока газа рассматривалась в [1]. Время реакции датчика в системе управления впрыском топлива в двигателях внутреннего сгорания должно составлять $\sim 0,02-0,012$ с. Компьютерное моделирование показало, что на быстродействие датчика существенно влияют теплофизические параметры алмазного датчика и держателя, на котором он установлен. Некоторые результаты моделирования представлены на рисунке. Установлено, что при повышении теплопроводности держателя время отклика датчика уменьшается, но уменьшается и амплитуда сигнала.



Изменение температуры терморезистора в зависимости от скорости воздушного потока: а) алмазный датчик на пластиковом держателе, мощность нагревателя – 1 Вт, время 0-10 с скорость потока 1 м/с, интервал времени 10-20 с – 5 м/с; б) алмазная пластина установлена на медном держателе, мощность нагревателя – 10 Вт, интервал времени 0-1 с – скорость потока – 1 м/с, а интервал времени 1-2 с – 5 м/с.

**Оценка содержания радона в воздухе методом
динамической альфа-радиометрии**

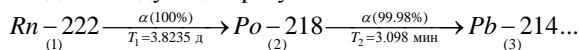
Качан С. М.

Белорусский национальный технический университет

Естественный радиоактивный газ радон и его аэрозольные дочерние продукты распада (ДПР) формируют наибольший дозовый вклад в нагрузку человека от фоновых источников ионизирующего излучения, что определяет пристальное внимание к быстрым и эффективным способам оценки его присутствия. Основными подходами к измерению содержания радона в воздухе являются 1) накопление и выдержка радона в накопительных камерах и 2) пробоотбор аэрозольных ДПР на фильтр с проведением последующих измерений радиоактивности.

В данной работе предлагается способ оценки объемной активности радона в воздухе, основанный на динамике показаний альфа-радиометра *в процессе прокачки* воздуха через фильтр. При проведении измерений непосредственно в процессе прокачки, накопленная на фильтре активность каждого радиоизотопа в цепочке распада радона растет вследствие осаждения с постоянной скоростью из воздуха, и одновременно убывает за счет собственного распада *i*-го радиоизотопа. В то же время для дочернего *i*-го радиоизотопа необходимо учесть дополнительный рост, обусловленный распадом предыдущего (*i*-1)-го радиоизотопа в цепочке.

Если прокачка воздуха через фильтр радиометра осуществляется с постоянной скоростью q_V (л/с), n_i – концентрация в воздухе *i*-го радиоизотопа, λ_i – постоянная его распада и ω_i – доля объемной активности *i*-го радиоизотопа, оседающей на фильтре, то решение балансных дифференциальных уравнений для первых двух радиоизотопов в цепочке распада Rn-222 дает следующий результат:



$$A_1(t) = n_1 \omega_1 q_V [1 - \exp(-\lambda_1 t)]$$

$$A_2(t) = q_V \left[n_1 \omega_1 \left(1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \exp(-\lambda_1 t) - \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} \exp(-\lambda_2 t) \right) + n_2 \omega_2 (1 - \exp(-\lambda_2 t)) \right]$$

При известной способности фильтра задерживать аэрозольные ДПР, измерение альфа-активности в проточном режиме дает возможность восстановить концентрацию равновесного радона в воздухе по временной зависимости $A_2(t)$ даже если фильтр не адсорбирует инертный радон непосредственно.

Влияние дозы и температуры имплантации на накопление водорода в дефектном слое монокристаллического кремния

Францкевич Н. В., Францкевич А. В., Шеденков С. И.
Белорусский национальный технический университет

В работе изучались условия, при которых в тонком (0,9 мкм.) приповерхностном слое пластин монокристаллического кремния возможно накопление молекулярного водорода.

Промышленные пластины Cz-кремния КЭФ 4,5 имплантировались ионами водорода с энергией 100 кэВ дозами $1 \cdot 10^{14}$, $1 \cdot 10^{15}$ и $5 \cdot 10^{15}$ ат./см², при температурах имплантации 150, 300, 400 и 500°С. Глубина проецированного пробега ионов при комнатной температуре составила $R_p=0,9$ мкм. Далее водород вводился из плазмы постоянного разряда при температуре 150°С. Энергия ионов в плазменном источнике составляла 2 кэВ, длительность обработки 30 мин, плотность тока 3 мкА/см². Все образцы проходили плазменную обработку одновременно. Спектры комбинационного рассеяния (КР) снимались при комнатной температуре на микроспектрометре с использованием Ag⁺ лазера с длиной волны 488 нм и выходной мощностью 20 мВт. Результаты анализа спектров КР приведены в таблице.

Таблица. Интенсивность сигнала, сопоставляемого молекуле H₂, полученная из данных КР вычетом фона и интегрированием площади под пиком, для образцов Si имплантированных протонами разными дозами при разных температурах.

Температура имплантации, °С	Доза имплантации(10 ¹⁵ ат./см ²)		
	0,1	1	5
150	8,6	4,6	4,5
300	8,8	10,5	7,2
400	12,1	9,9	8,9
500	9,2	20,5	17,0

Для образцов имплантированных дозами 1 и $5 \cdot 10^{15}$ ат./см² наблюдается зависимость интенсивности сигнала, как от дозы преимплантированных протонов, так и от температуры, при которой она проводилась. Увеличение интенсивности сигнала с увеличением температуры, возможно, свидетельствует об образовании протяженного дефектного слоя. На основе данных КР можно предположить, что для создания первичного протяженного дефектного слоя достаточно дозы имплантированных протонов $1 \cdot 10^{15}$ ат./см² при температуре имплантации 500°С.

**Совершенствование лекционного физического эксперимента
с привлечением средств мультимедиа**

Мartiнович В. А., Хорунжий И. А., Шеденков С. И.
Белорусский национальный технический университет

На кафедре «Техническая физика» Белорусского национального технического университета большое внимание уделяется лекционному эксперименту, так как его наличие является важной составляющей вузовского физического образования. На проводимых лекциях можно увидеть опыты, подтверждающие закон сохранения импульса, момента импульса, закон Фарадея и др. Также демонстрируются образование стоячих волн, маятник Максвелла, интерференционные и дифракционные явления, осуществляемые с помощью газового лазера, электрические явления. Поддержание натуральных образцов в должном виде требует постоянно обновляемой материальной базы. Поиск решения данной проблемы привел к необходимости привлечения новых технологий, таких как компьютерное моделирование физических явлений. Особенно это является важным для тех разделов физики, в которых натурные лекционные демонстрации невозможны, например, в квантовой механике, квантовой оптике и атомной физике. С помощью анимационных слайдов можно показать и опыт Резерфорда по рассеянию α -частиц, и дифракцию электронов. Для эффекта Комптона демонстрируется компьютерная модель, позволяющая наблюдать упругое рассеяние рентгеновского фотона на свободном электроны, изменение в спектрах рентгеновского излучения при различных параметрах эксперимента.

Включение мультимедийных программ в чтение лекций может быть рассмотрено не только как замена, но и как дополнение натурального эксперимента. Современные информационные технологии позволяют создавать модели экспериментов, которые считаются классическими. Это может быть прохождение света сквозь дифракционную решетку и круглое отверстие, наблюдение пятна Пуассона, колец Ньютона, отражение света от границы двух диэлектриков под углом Брюстера, закон Малюса и т.д. Компьютерное моделирование классических экспериментов с помощью мультимедийных проекторов, подробное рассмотрение и анализ данных явлений с последующей традиционной демонстрацией этих же физических явлений на натуральных образцах позволит значительно повысить эффективность восприятия лекций. Сочетание компьютерного эксперимента и реального физического опыта значительно облегчит понимание материала и повысит его усвоение.

Визуализация физического эксперимента¹Неумержицкая Е. Ю., ²Белая О. Н.¹Белорусский национальный технический университет²Белорусский государственный педагогический университет

Стремительная информатизация общества и доступность информационно-коммуникационных технологий для массового пользования дало толчок к расширению применения виртуальной реальности. В условиях современной потребности общества в знаниях в области информационных технологий необходимо эффективно использовать их для повышения качества образования. Появление и применение информационных технологий в образовательном процессе способствует обновлению традиционных методов и приемов в организации образовательного процесса. Образовательные модели, реализуемые в обучении, способны показать то, что скрыто от глаз (например, внедрение в атом, исследование атомного реактора и т.д.). В настоящее время в образовательном процессе эффективно используются 3D-модели, которые выполнены двумерно с эффектом объема. Применение на учебных занятиях визуализации физических экспериментов дает возможность рассмотреть модель с разных сторон и почувствовать эффект присутствия в изучаемом процессе.

Физический эксперимент является фундаментом, на котором построены все представления о структуре окружающего мира. Без эксперимента не может быть рационального обучения физике; одно словесное обучение физике неизбежно приводит к формализму и механическому заучиванию. Необходимо, чтобы обучающийся видел опыт и проделывал его сам, видел прибор в руках преподавателя и держал его в своих собственных руках.

Целью визуализации физических экспериментов является нахождение верного баланса между имитируемой реальностью и физическими данными, чтобы помочь усвоить обучающимся теоретические основы физики, дополняя образовательный процесс.

Корбан Н. Р.

Белорусский национальный технический университет

Вопросам повышения качества подготовки специалистов в настоящее время уделяется много внимания. В то же время не все имеющиеся возможности и резервы используются полностью. Улучшения качества подготовки специалистов можно добиться, если шире внедрять в практику обучения элементы непрерывной подготовки. Одна из проблем, с которой сталкиваются преподаватели университетов – это разный уровень подготовки студентов первого курса. Как следствие, это приводит к отчислению заметного количества студентов-первокурсников, не справляющихся с резко увеличившимися по сравнению со школой учебными нагрузками. В университетах для преодоления такой тенденции приходится организовывать дополнительные занятия с отстающими студентами по повторению школьной программы, с другой стороны – это сдерживает темпы подготовки способных и хорошо подготовленных студентов, которые вынуждены “ожидать” пока слабые студенты подтянутся. Такая ситуация становится особенно неприемлемой в связи с тем, что в настоящее время происходит переход на двухступенчатую систему подготовки специалистов бакалавр – магистр, сопровождающийся сокращением срока обучения на первой ступени высшего образования с пяти лет до четырех.

Следует отметить, что с выпускниками лицея БНТУ вышеуказанных проблем с обучением в университете и адаптацией студентов-первокурсников к обучению в университете не возникает. Это связано, прежде всего, с более высоким уровнем физико-математической подготовки, который обеспечивается в инженерных классах лицея, а также формой проведения учебных занятий. Например, при проведении занятий по физике и математике в лицее БНТУ практикуется их планирование и проведение не уроками, а “парами”, что приучает лицейстов к восприятию одновременно больших объемов информации.

Учитывая опыт лицея, следует шире использовать обучение старшеклассников в специализированных классах, позволяющих дать выпускникам школ, лицеев и гимназий более качественную подготовку именно в тех областях знаний, которые понадобятся при обучении в университете по избранной специальности.

Химия и химические технологии

Активность керамзитовой пыли

Бурак Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Керамзитовая пыль – это побочный продукт, образующийся при обжиге керамзитового гравия во вращающихся печах. На керамзитовых заводах Беларуси ежегодно образуется около 3 тыс. т керамзитовой пыли.

Керамзитовая пыль – порошкообразный материал с удельной поверхностью 2500-2800 см²/г и насыпной плотностью 1,4г/см³. Среднее содержание основных компонентов, %: SiO₂ – 51,1; Al₂O₃–18,1; Fe₂O₃–7,4; CaO–6,2; MgO–2,5

Целью данной работы является определение активности керамзитовой пыли с дальнейшим ее использованием при производстве строительных материалов.

Активность минеральных добавок, т.е. способность связывать гидроксид кальция в присутствии воды при обычных температурах, обусловлена содержанием в них 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 SiO₂ в течение 30 сут.

Реакционная способность керамзитовой пыли по отношению к извести обожженных глинистых материалов объясняется прежде всего тем, что при 600–800 °С основной компонент глин – инертный каолинит Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O – обезвоживается и переходит в активный каолинитовый ангидрид – метакаолинит Al₂O₃·2SiO₂, аморфизованный в результате удаления гидратной воды. Пуццолановая активность исходного керамзитового песка составляет 54,5 мг/г.

Керамзитовая пыль может быть использована при производстве лёгких и ячеистых бетонов. По гранулометрическому составу она содержит 25–30 % частиц размером менее 0,14 мм, 60–65 % – 0,14–1,25 мм, 5–10 % – 1,25–5,00 мм. Благодаря высокому содержанию аморфного химически активного кремнезёма керамзитовая пыль обладает активностью связывания извести, исполняя одновременно роль активного микронаполнителя и заполнителя.

По гранулометрическому составу она содержит 25–30 % частиц размером менее 0,14 мм, 60–65 % – 0,14–1,25 мм, 5–10 % – 1,25–5,00 мм. Благодаря высокому содержанию аморфного химически активного кремнезёма керамзитовая пыль обладает активностью связывания извести, исполняя одновременно роль активного микронаполнителя и заполнителя.

Прессованные изделия из гранитных отсевов

Глушонок Г. К.

Белорусский национальный технический университет

Наибольшее значение для производства строительных материалов имеют минеральные продукты, производимые добывающими и перерабатывающими отраслями промышленности (карьерные остатки и остатки после обогащения на полезное ископаемое). Практически не рассмотрен вопрос получения вяжущих и прессованных композитов с использованием широко распространенных кристаллических горных пород типа гранита без высокотемпературной подготовки компонентов и применения стоимостных добавок. Мало внимания уделено факторам механоактивации гранитных пород в плане инициирования последними вяжущих свойств, а так же активации этих свойств за счет введения добавок, в частности, сульфатного состава. Потому проблема разработки ресурсосберегающей технологии получения строительных материалов на основе некондиционных продуктов переработки алюмосиликатных пород остаётся актуальной.

Исходя из литературных данных, были приготовлены два состава, механоактивация которых осуществлялась растиранием в ступке смеси компонентов. Из полученных смесей были отпрессованы таблетки образцов массой 50 г и диаметром 5см при давлении прессования 50 МПа. Состав и характеристики образцов представлены в таблице.

Характеристика и результаты исследований приготовленных образцов

№	Состав, %	$P_{\text{пресс, МПа}}$	Время, сутки	$P_{\text{сж, МПа}}$
1	Гранитная пыль - 70 Фосфогипс - 14	50	7	55
	Портландцемент - 9 Вода - 7	50	14	60
2	Гранитная пыль - 72 Фосфогипс - 14	50	7	67,5
	Портландцемент - 7 Вода - 7	50	14	80

Из таблицы видно, что при выдерживании прессованных изделий над водой через 7 и 14 суток прочность бетонных композитов увеличивается. При этом они состоят на 84 – 86% из промышленных отходов – гранитной пыли и фосфогипса, которые утилизируются.

Горбунова В. А.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время большое внимание уделяется использованию в строительстве гипсовых вяжущих (ГВ) и изделий на их основе благодаря простоте и экономичности производства. Но более широкое применение ГВ ограничено внутренними строительными работами, что связано с недостаточной водостойкостью гипсовых изделий, значительной ползучестью и низкой морозостойкостью. Разработка композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) с добавками портландцемента и активных минеральных добавок позволит значительно расширить области применения гипсовых изделий. Известно, что низкая водостойкость ГВ обусловлена высокой растворимостью гипса и расклинивающим действием молекул воды, проникшей в межкристаллическое пространство. Повысить водостойкость ГВ можно путем создания гипсоцементных пуццолановых вяжущих (ГЦПВ) с добавками портландцемента и активных минеральных добавок. В последнее время все чаще в качестве такой добавки используются материалы техногенного характера (переработанный бетонный лом, керамзитовая пыль, доменные шлаки, гранитные отсеки и др.) Механизм твердения и формирования структуры ГЦПВ – это сложный физико-химический процесс, в результате которого образуются низкоосновные гидросиликаты и гидроалюминаты кальция, формирующиеся в результате взаимодействия $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и компонентов активной минеральной добавки. Эти соединения являются связкой, цементирующей крупные кристаллы дигидрата, и защищающие их от взаимодействия с водой.

Нами была изучена возможность использования гранитных отсеков (отход РУПП «Гранит», РБ) в качестве пуццолановой добавки в составе КГВ. Для получения ГВ различного состава были использованы: гипс Г4, портландцемент, молотый песок и гранитные отсеки. Экспериментально установлена возможность получения композиционных ГВ с использованием в качестве пуццолановой добавки тонкосмолотых гранитных отсеков в количестве 10-20 масс.%. Полученное ГЦПВ характеризуется в возрасте твердения 28 суток прочностью на сжатие 20-21 МПа и прочностью на изгиб 5-6 МПа. Оценочная водостойкость составила 0,8-0,9. Применение гранитных отсеков в качестве активной минеральной добавки позволяет расширить сырьевую базу производства качественных КГВ, а также уменьшить объемы хранения данного техногенного отхода в РБ.

Кречко Н. А.

Белорусский национальный технический университет

Актуальность утилизации вторичных полимерных материалов в частности бытовых отходов, обусловлена многотоннажностью, объемом и большим сроком биоразложения данных материалов. Наиболее эффективным способом утилизации полимерных отходов является их повторное использование. В то же время минеральные отходы различных производств могут быть использованы как наполнители полимерных композиционных материалов, либо как основа для композиционных материалов с полимерным вяжущим.

В данной работе изучалась принципиальная возможность получения композиционных материалов с использованием вторичных полимеров и минеральных отходов. В качестве полимерных вяжущих использовались вторичные полиэтилен низкого давления (ПЭНД) полипропилен (ПП), полиэтилентерефталат (ПЭТФ). Минеральный компонент представлен гранитным отсевом (Микашевичи, РБ); шлаком БМЗ с размером частиц менее 0.1 мм; песком без предварительного просеивания. Композиционные образцы изготавливались смешением минеральных компонентов со вторичными полимерными материалами в количестве 20% с последующей выдержкой при температурах 125°C для композиций с ПЭНД; 170°C для композиций с ПП и 275°C для композиций с ПЭТФ. Температура плавления определялась по полному размягчению полимера в композициях.

При использовании гранитного отсева охват полимером минерального наполнителя частично наблюдался только в композитах с ПЭНД и ПЭТФ. Количество связанного минерального наполнителя составило 35% от введенного для композиций с ПЭНД и 75% для композиций с ПЭТФ. В композиционных материалах с применением в качестве минерального компонента песка, образование целостного образца наблюдалось для всех используемых вторичных материалов с полным охватом наполнителя связующим. С целью определения возможности практического применения указанных композитов, все образцы с песком были исследованы на водопоглощение, которое составило 4%.

Также следует отметить хорошую адгезию к поверхности формы композиционных материалов со всеми исследуемыми вторичными полимерами. Полученные данные позволяют сделать предположение о возможности использования вторичных полимеров в качестве вяжущего композиционных материалов.

Вакуумплотные материалы на основе неорганических связующих и силицидов переходных 3d-металлов

Медведев Д. И., Медведева Н. Д.
Белорусский национальный технический университет

К материалам, работающим в условиях агрессивных сред, повышенных или циклически меняющихся температур, предъявляются комплекс сложных требований. Композиты на основе органических или кремнийорганических компонентов не могут обеспечить разработку подобных материалов. Поэтому в работе использовали неорганические (фосфатные, силикатные и алюмосиликатные (связующие). В качестве порошковой составляющей применяли дисперсные ($r < 80$ мкм) порошки силицидов титана, ванадия, молибдена и вольфрама общей формулы $MeSi_2$. Выбор последних был обусловлен тем, что в интервале температур 800 – 900°C последние окисляются с образованием оксидов металлов и SiO_2 , находящийся по данным рентгенофазового анализа, в аморфном состоянии.

Экспериментально установлено, что композиции на основе фосфатных связующих вследствие протекания при нагревании процессов дегидратации, частично разупрочняются ввиду высокой пористости (40-50%) образующихся новых соединений. Причем наилучшими свойствами обладали составы на частично нейтрализованной H_3PO_4 ($N_m = 50\%$) и $MoSi_2$.

Показано, что композиции на жидких стеклах меньше разупрочняются при повышенных температурах. При оптимальных соотношениях Т:Н, и модуля жидкого стекла ($m = 2,5 \div 3,0$) пористость композиций снижается до 25-30%. Последнее приводит к возрастанию прочности композитов. Повышение температуры термообработки, способствует более интенсивному взаимодействию между исходными компонентами. Причем лучшие свойства композитов получены на натриевом жидком стекле и алюмосиликатных связующих. С целью необратимости процессов отверждения значительную часть щелочи, входящей в состав образующихся при твердении и термообработке гидросиликатов переводили в нейтральную соль путем добавления в порошковую часть оксид свинца (PbO), температура плавления которого (886°C) была близка к температурам начала окисления силицидов металлов. Установлено, что все составы после термообработки при 900°C, оказались газонепроницаемы, ввиду присутствия на их поверхности стеклообразующей пленки. Показано, что содержание PbO в порошковой составляющей должно быть не менее 50%. Для этих составов характерна высокая адгезионная прочность. Сопротивление образцов при этом составляло $10^5 - 10^7$ Ом·м.

Меженцев А. А.

Белорусский национальный технический университет

Исследование механизмов действия шламов ХВО на процессы гидратации и твердения цементных систем представляет не только научный и практический интерес, так как позволяет в значительной степени снизить экологический ущерб окружающей среде вследствие использования шламов в производстве цементных строительных материалов.

Высокая удельная поверхность и химическая активность шламов позволяют сделать предположение о целесообразности использования их не только как уплотняющих добавок, но и как химически активных наполнителей с целью повышения прочности цементных материалов.

Оценка влияние добавок минеральных шламов на формирование начальной структуры цементных композиций проводилась по кинетике изменения пластической прочности цементно-песчаных растворов.

Характер поведения твердеющих систем с повышенным содержанием карбонатного шламов позволяет сделать предположение, что резкое увеличение интенсивности начального структурообразования в присутствии карбонатного шлама может быть обусловлено активацией процессов гидратообразования на подложке тонкодисперсного кальцита.

Анализ результатов кинетики твердения и прочности цементно-карбонатных растворов показал, что эффективность карбонатного шлама как добавки активатора твердения оптимальна при его содержании в смеси порядка 10 – 15%.

При увеличении содержания карбонатного шлама в составе композиционного вяжущего количество кристаллизующихся гидратов возрастает, обеспечивая тем самым большую прочность материала.

Наиболее благоприятные условия в цементно-песчаных композициях будут создаваться в присутствии тонкодисперсных карбонатных шламов, поскольку, карбонат кальция будет выполнять функцию не только активации гидратообразования, но и использоваться в качестве подложки для наращивания на гранях кристаллов карбоната кальция гидратных фаз, формирующихся в цементных системах.

Выполненные исследования показали возможность использования карбонатных шламов с целью регулирования процессов начального структурообразования цементных композиций.

Установлено, что наибольшее повышение прочности достигается при содержании шлама в смеси в количестве 10 – 20% от массы вяжущего.

Кинетика адсорбции бензина отходами водоочистки теплоэлектростанций

Слепнева Л. М.

Белорусский национальный технический университет

Метод адсорбции основан на свойстве некоторые твердых тел концентрировать на своей поверхности и в порах молекулы других веществ из раствора или газовой фазы в результате физического или химического взаимодействия между адсорбентом и адсорбируемым веществом. Важной характеристикой адсорбента является его адсорбционная способность, выражаемая через массу вещества, поглощенного единицей массы адсорбента. Высокой адсорбционной способностью обладают вещества, имеющие большую площадь поверхности на единицу массы, которая в значительной степени зависит от пористости адсорбента.

В качестве изучаемого адсорбента использовали шлам химической водоподготовки тепловых электростанций (ХВП ТЭС), основной частью которого является карбонат кальция (около 70-72%) с примесями $Al(OH)_3$, Fe_2O_3 , SiO_2 . Насыпная плотность исходного шлама $0,85 \text{ г/см}^3$. Адсорбционная способность шлама ХВП ТЭС изучалась на примере адсорбции бензина (таблица).

Определение адсорбционной способности проводили по следующей методике: к 1 г. растертого в ступке шлама приливали 10 мл бензина перемешивали 1 мин и оставляли на некоторое время. Затем шлам отфильтровывали. Фильтр со шламом и адсорбированным бензином взвешивали сразу после фильтрования и через сутки. Адсорбцию выражали в граммах адсорбированных нефтепродуктов на 1 грамм шлама.

Таблица

Время контакта исходн. ХВП ТЭС шлама с нефтепродуктами, мин	Масса адсорбир. бензина, г/г после фильтр.	Масса адсорбир. бензина, г/г через сутки
5	0,50	0,27
15	0,79	0,29
30	0,70	0,30
40	0,72	0,27
60	0,73	0,28

Результат изучения процесса адсорбции бензина весовым методом показал, что адсорбционная способность шлама достигает своего максимума в течение 10-15 мин контакта с нефтепродуктами и в дальнейшем не увеличивается.

Способы получения газогипса

Шагойко Ю. В.

Белорусский национальный технический университет

При выборе того или иного способа получения газогипса необходимо учитывать свойства исходного материала. Существуют различные способы получения высокопористого гипса. Недостатками газогипса известных составов – низкие прочность и водостойкость ячеистой структуры и нетехнологичность, обусловленные короткими по времени интенсивным газообразованием в процессе взаимодействия серной кислоты с карбонатами. При повышенных количествах серной кислоты образуются непрочный менее (0,1 МПа) материал с неравномерно распределенными в объеме и равными незамкнутыми ячейками. Кроме того, применение серной кислоты связано с повышенными требованиями к промышленной санитарии и сильной коррозией металлической технологической оснастки.

При изучении газообразующего действия кислот, установлено, что наиболее эффективными являются кислоты средней силы с ($K_g = 10^{-2}-10^{-5}$) соли кальция, которых малорастворимы в воде. Этим требованиям удовлетворяют щавелевая, винная, малеиновая кислоты). Процесс поризации гипсовой массы добавками этих кислот заканчивается в течение 3-10 минут и зависит от K_g . Для щавелевой кислоты это 3 минуты. Технологичность применения щавелевой кислоты для получения газогипса состоит в том, что начало активного газообразования можно отнести к 30 сек. Это позволяет приготовить газогипсовую массу и уложить в форму до начала активного газообразования. Щавелевую кислоту вводят в гипсовое вяжущее в виде водного раствора, причём от её концентрации зависит коэффициент вспучивания, плотность и предел прочности при сжатии. При концентрации от 0,5 до 2% плотность составляет 960-980 кг/ м³ и предел прочности при сжатии 10 – 0,5 МПа. Чтобы снизить пластическую вязкость газогипсовой массы и создать условия для протекания вспучивания, вводится добавка суперпластификатор С-3 (~ 0,6%). Имеются сведения о возможности получения газогипса на основе выделения газообразователя (например H₂O₂), вспучивающий гипсовую массу. Также использование алюминиевой пудры, что не является технологичным, поскольку требует повышение температуры (40 – 50°С) и введении щелочного компонента.

Установлено, что при использовании в качестве газообразователя сильных кислот и их солей газообразователя необходимо вводить в воду затворения, а карбонатную составляющую вводит совместно с гипсовым вяжущим.

Яглов В. Н., Романюк В. Н.

Белорусский национальный технический университет

Превращение горных пород в вяжущие материалы малоэнергоемкими безобжиговыми способами, *путем химической, механогидрохимической, термической и комплексной активации и катализа* является актуальным направлением в строительном материаловедении. Прямой безобжиговый синтез вяжущих веществ из тонкодисперсных горных пород может быть реализован путем прибавлением к ним металлургического шлака. Шлак может быть охарактеризован как "химически активная искусственная «порода», которая, в отличие от естественных горных пород близкого химического состава, взаимодействует с водой и гидратируется ею». Причиной твердения смеси шлака и гранитных отсе́вов является наличие в шлаке извести, связанной в силикаты и алюминаты кальция. Активизаторами твердения шлака являются щелочи или жидкие стекла. Поэтому комбинация шлака с дисперсными минеральными породами и щелочными активизаторами является наиболее предпочтительной. Подобная комбинация порошков горных пород с металлургическим шлаком и щелочью успешно используется в мире при создании высококачественных бетонов.

Широкий диапазон полиморфных модификаций составных частей горных пород, их химико-минералогический состав является перспективным для поиска безобжиговых вяжущих веществ из гранитных отсе́вов путем модифицирования шлаками и щелочными активизаторами.

Щелочная активация шлаков использовалась с целью получения на его основе высокопрочных материалов. Это привело к созданию шлакощелочных цементов и бетонов. Такие высокощелочные, высокожидкостекольные, высокосодовые шлаковые вяжущие и бетоны были созданы В.Д. Глуховским и его школой. Как показали положительные исследования в Пензенском ГУАС по теории твердения композиционных вяжущих, наиболее эффективными активизаторами отверждения горных пород в щелочной среде по своей природе являются нейтральные и основные металлургические шлаки.

Установлен наиболее активный исходный активизатор твердения – NaOH с максимальной температурой кипения его насыщенного раствора и низкой температуры плавления безводной щелочи (328°C), позволяющий получать по энергосберегающей технологии безобжиговые композиционные вяжущие и строительные материалы.

Минерально-шлаковые вяжущие на основе гранитного отсева

Зык Н. В.

Белорусский национальный технический университет

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), наполнитель (состав 1 песок 1226 г, состав 2 – 1386 г), вода (состав 1 -214 г, состав 2 – 188 г) и определены основные направления их исследования. Дальнейшее развитие шлакощелочных вяжущих связано со снижением содержания щелочного активатора и шлака за счет введения в состав вяжущего различных осадочных пород. 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 – 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 %. 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 наполнитель песок. Образцы были прокалены при температуре 60-200°C в течение 8 часов. После естественного охлаждения образцов водопоглощение по массе ($m_{\text{воды}}^* \cdot 100 / m_{\text{образца}}$) 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. Выявлено снижение прочности вяжущего, содержащего добавку шлака, в условиях сухого прогрева. Полученные балки направлены на определение их прочностных характеристик. В результате проведенных исследований прочность образцов при сжатии составила, МПа: образец 1 - 35; образец 2 - 40; при изгибе, МПа: образец 1 - 10,5; образец 2 - 13. Установлено, что для получения бетона пластичной консистенции с прочностью на сжатие 35-40 Мпа при твердении в нормальных условиях расход жидкого стекла должен составлять 21%, щелочи 4% от веса вяжущего. Полученные бетоны характеризуются водопоглощением, не превышающим 3% по массе, то есть находятся на уровне цементных бетонов классов В20-В30.

Содержание

Технические и прикладные науки

Проектирование дорог	3
Строительство и эксплуатация автомобильных дорог	16
Транспортные сооружения	42
Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов	82
Современные методы проектирования деталей машин и механизмов	118
Механика материалов и конструкций	131

Общепромышленные и комплексные проблемы

Охрана труда	137
Метрология, стандартизация и управление качеством	157
Микро- и нанотехника	176
Инженерная экология	191
Экономика, логистика и управление цепями поставок	232
Организация упаковочного производства	265
Оборудование предприятий торговли, общественного питания и пищевой промышленности	280

Естественные и точные науки

Математика и приложения	302
Естественно-научные дисциплины	332
Методы математического моделирования в научных и прикладных исследованиях	350
Инженерная математика	377
Физика	390
Химия и химические технологии	433

Научное издание

**НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ**

Материалы 16-й Международной
научно-технической конференции
(71-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 09.11.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 25,87. Уч.-изд. л. 20,23. Тираж 40. Заказ 928.

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.