

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«БРЕСТСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК»**

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
И ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

**Сборник тезисов  
Международной научно-практической конференции  
*31 октября – 2 ноября 2024 года***

Брест 2024

УДК 69:331.36(08)

ББК 38:74.04р

П27

#### **Редакционная коллегия:**

Главный редактор:

*Шалобыта Н. Н.* – проректор по научной работе, к. т. н., доцент

Члены редколлегии:

*Онысько С. Р.* – декан машиностроительного факультета, к. т. н., доцент

*Мешик О. П.* – декан факультета инженерных систем и экологии, к. т. н., доцент

*Парфиевич А. Н.* – декан факультета электронно-информационных систем, к. т. н., доцент

*Зазерская В. В.* – декан экономического факультета, к. э. н., доцент

*Павлова И. П.* – декан архитектурно-строительного факультета, к. т. н., доцент

#### **Рецензенты:**

*Железяко В. И.* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой мелиорации и водного хозяйства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

*Найчук А. Я.* – профессор, д. т. н., доцент кафедры строительных конструкций УО «Брестский государственный технический университет»

**П27 Перспективные направления инновационного развития и подготовка кадров:** сборник тезисов международной науч.-практ. конф.; 31 октября – 2 ноября 2024 г.; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест: Издательство БрГТУ, 2024. – 199 с.

ISBN 978-985-493-646-8.

В сборник вошли тезисы по итогам Международной научно-практической конференции «Перспективные направления инновационного развития и подготовка кадров» (31 октября – 2 ноября 2024 г., г. Брест), в котором представлены результаты исследований преподавателей, научных сотрудников, магистрантов и студентов высших учебных заведений Республики Беларусь и стран ближнего зарубежья.

Сборник рассчитан на научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов высших учебных заведений.

**УДК 69:331.36(08)**

**ББК 38:74.04р**

**ISBN 978-985-493-646-8**

© Издательство БрГТУ, 2024

## СЕКЦИЯ 1. СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПОМОЩИ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ СТАНКА ADVERCUT K6090T

*Аббасов<sup>1</sup> К. Т., Онысько<sup>2</sup> С. Р.*

*<sup>1</sup> Магистрант кафедры теоретической и прикладной механики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, kirill\_abbasov99@mail.ru*

*<sup>2</sup> Канд. техн. наук, доцент, декан машиностроительного факультета  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, onysko\_sergey@mail.ru*

**Проблематика.** Вопрос о повышении срока службы деталей машин и механизмов является актуальным для машиностроительной отрасли. Для решения этой проблемы по упрочнению поверхности изделия применяются различные технологии: объемная закалка, химико-термическая обработка и другие. Однако одним из эффективных методов поверхностного упрочнения железоуглеродистых сплавов является обработка концентрированными потоками энергии: лазерные, фоновые, электронные, плазменные, которые заключаются в высокоскоростном нагреве поверхностного слоя металла и быстром его охлаждении за счет передачи тепла в глубинные слои материала детали. Это приводит к изменению структуры поверхностного слоя за счет фазового превращения в металле, но при этом свойства внутренних слоев остаются неизменными.

Среди вышеперечисленных методов плазменная закалка занимает особое место, так как является наиболее простой и технологичной операцией, при которой происходит повышение стойкости к абразивному изнашиванию и износостойкости при трении металла по металлу.

**Цель работы.** Исследовать процессы взаимодействия плазменной дуги с поверхностью образцов из конструкционной стали.

**Объект исследования.** Поверхности образцов из конструкционной стали марки Сталь 45 после плазменного упрочнения.

**Использованные методики.** Аналитический анализ результатов исследований и их практическое применение.

**Полученные результаты и выводы.** Спроектирована технологическая оснастка (рисунок 1), расширяющая область работы и применения плазмотрона.

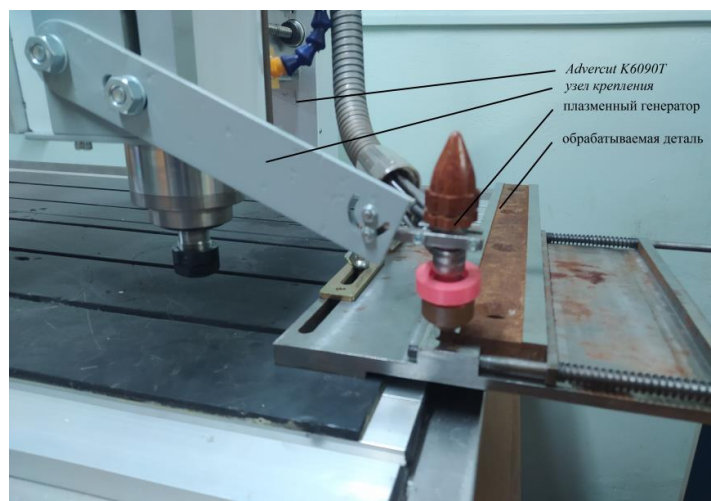


Рисунок 1 – Фрагмент экспериментальной установки для поверхностного плазменного упрочнения стальных изделий

Составлена и оформлена техническая документация на кронштейн, позволяющий произвести адаптацию анодного узла плазмотрона.

Проведено исследование микротвердости образцов из стали 45 после воздействия высокотемпературного источника нагрева.

На графике (рисунок 2) видно, что наибольшая твердость поверхности достигается при скорости движения высокотемпературного источника нагрева  $V = 11,7$  мм/с, а при скорости  $V = 4,2$  мм/с поверхностная закалка происходит на наибольшую глубину.

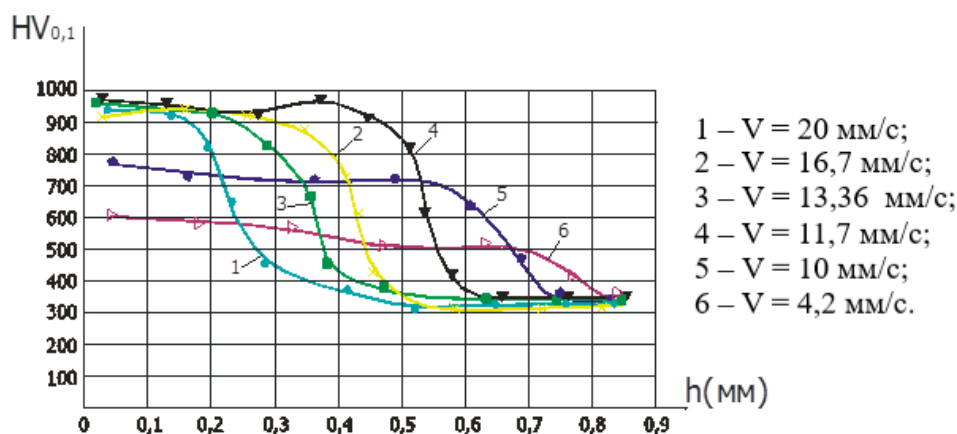


Рисунок 2 – Зависимости распределения микротвердости стали 45 по глубине поверхностного слоя

В результате эксперимента было выявлено, что поверхностное упрочнение сталей высококонцентрированным источником нагрева можно осуществлять с оплавлением и без оплавления поверхности. Поверхность образца с оплавлением имеет сложный рельеф, обусловленный системой впадин и гребней.

При исследовании шероховатости упрочненных поверхностей было установлено, что при воздействии дуги в защитной 100 % среде аргона при скорости

источника  $V = 11,7$  мм/с и силе тока  $I = 26$  А шероховатость поверхности  $Ra = 0,2$  мкм после механической обработки образцов сохраняется такой же и после обработки плазменной дугой. В этом случае поверхностную плазменную закалку можно применять как финишную операцию.

**Практическое применение полученных результатов.** Серия экспериментов на контрольных образцах из стали 45 и анализ полученных результатов позволили оценить работу модернизированной экспериментальной установки для поверхностного плазменного упрочнения на базе станка Advercut K6090T.

По результатам экспериментальных исследований установлено, что при закалке поверхности в твердой фазе в качестве защитного газа целесообразно применять аргон, который в меньшей степени, чем азот, обжимает дугу. В результате снижается плотность потока, которую поглощает поверхность, и температура поверхностного слоя металла получается ниже температуры его плавления.

## О РОЛИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ СТУДЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

*Бочарова<sup>1</sup> Н. В., Вермейчик<sup>2</sup> А. И., Никитина<sup>3</sup> А. А.*

*<sup>1</sup> Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной механики УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, nati444bonta@gmail.com*

*<sup>2</sup> Канд. физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, vai\_mrtm@bstu.by*

*<sup>3</sup> Студент 3-го курса, УО «Брестский государственный технический университет» Брест, Беларусь, saschka5002@gmail.com*

Современным машиностроительным предприятиям необходимы квалифицированные инженеры, владеющие компьютерными программами для создания как чертежей деталей, так и их цифровых двойников, позволяющих моделировать работу машин и механизмов с учетом нагрузок и свойств материала. Поэтому важными целями и задачами при подготовке специалиста машиностроительной отрасли является освоение теоретических основ и прикладных методов расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) сооружений и конструкций, формирование у обучаемых знаний и умений выполнять расчеты деталей и узлов на прочность, жесткость, устойчивость и выносливость, в том числе с применением компьютерных средств. Одно из направлений развития системы автоматического проектирования (САПР) – автоматизация проектирования новых изделий в машиностроении. Проектирование технологических процессов сборки изделий и обработки компонентов изделий является важнейшей задачей

технологической подготовки машиностроительного производства, решить которую позволяет использование компьютерного моделирования.

В настоящее время с учетом развития компьютерной техники и технологий параллельно с получением базовых знаний по основным техническим дисциплинам студенты имеют возможность решать инженерные задачи применением программных комплексов. При создании сложных объемных деталей часто сталкиваемся с проблемой ее математического расчета из-за геометрически сложных форм. В таком случае для компьютерного моделирования и статического исследования можно использовать современные САПР: SolidWorks, Autodesk Inventor, ANSYS, 3D-Max, T-FLEX и др., при помощи которых значительно упрощается процесс проектирования и исследования прочностных характеристик заданной детали или механизма вне зависимости от конфигурации.

Применение средств автоматизации конструкторской деятельности стало необходимой предпосылкой успешной работы любого предприятия в современных экономических условиях. Поэтому роль и место систем автоматизированного проектирования в последнее время многократно возросло. Конкурентноспособный специалист в области машиностроения должен уметь осуществлять компьютерное моделирование деталей и узлов, применять способы рационального использования ресурсов, выполнять оптимизацию расчетов по нескольким критериям (металлоемкость, несущая способность и др.), решать комплекс задач – от проектирования изделий и механизмов до выпуска готовой продукции. Также инженер может диагностировать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования, осваивать новые технологические процессы и др.

К основным преимуществам использования компьютерного моделирования в производстве относятся: более быстрое выполнение чертежей, повышение точности выполнения и качества выполнения чертежей, возможность многократного использования чертежа, ускорение расчетов при проектировании. К основным этапам компьютерного моделирования относятся: постановка задачи; определение объекта моделирования; разработка концептуальной модели; выявление основных элементов системы и элементарных актов взаимодействия; формализация, т. е. переход к математической модели; создание алгоритма и написание программы; планирование и проведение компьютерных экспериментов; анализ и интерпретация результатов.

При подготовке инженеров в машиностроительной сфере широко используется аналитическое и имитационное моделирование. Аналитическими называются модели реального объекта, использующие алгебраические, дифференциальные и другие уравнения, а также предусматривающие осуществление однозначной вычислительной процедуры, приводящей к их точному решению.

Имитационными называются математические модели, воспроизводящие алгоритм функционирования исследуемой системы путем последовательного выполнения большого количества элементарных операций. Работа с имитационной моделью заключается в проведении имитационного эксперимента. Процесс, протекающий в модели в ходе эксперимента, подобен

процессу в реальном объекте. Поэтому исследование объекта на его имитационной модели сводится к изучению характеристик процесса, протекающего в ходе эксперимента. Ценным качеством имитации является возможность управлять масштабом времени. Динамический процесс в имитационной модели протекает в так называемом системном времени, которое имитирует реальное время.

В настоящее время производство сложных и уникальных изделий в машиностроении, как правило, сопровождается компьютерным трехмерным имитационным моделированием. На сегодняшний день существует большое количество программного обеспечения для создания имитационных моделей, их расчета и анализа. К примеру, система автоматизированного проектирования SolidWorks содержит широкий набор функций трехмерного твердотельного моделирования, что особенно важно при работе над электронными моделями узлов и деталей в процессе проектирования изделий. SolidWorks позволяет в кратчайшие сроки проводить конструкторскую подготовку производства, включая промышленный дизайн и анализ технологичности на этапе проектирования; технологическую подготовку производства от проектирования оснастки до разработки управляющих программ изготовления изделий; управление данными и процессами. При работе с единой электронной моделью изделия обеспечивается электронный оборот технической документации, поддерживаются технологии коллективной разработки.

Сегодня в производственных процессах математическое и имитационное моделирование играет большую роль. Оно позволяет поднять уровень и конкурентоспособность производства, сократить сроки выпуска новой продукции, проанализировать и оптимизировать ее. Развитию моделирования вместе с тем способствует совершенствование аппаратных и программных средств. САПР в машиностроении используется для проведения конструкторских, технологических работ, работ по технологической подготовке производства.

Инженер, владеющий САПР, может уменьшать технологическое время, затрачиваемое на создание нового изделия, удешевлять производство любой конструкции. Использование компьютерного моделирования, которое применяется для решения сложных задач, прогнозирования поведения системы, оптимизации деталей и узлов, для проверки работоспособности системы, является удобным и необходимым инструментом инженера, работающего в машиностроительной отрасли. Применение компьютерного моделирования в образовательном процессе позволяет студентам моделировать и рассчитывать различные инженерные конструкции, способствует повышению эффективности усвоения студентами сложного теоретического материала по инженерным дисциплинам.

## ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ЧУГУНА ВЧ100

*Веремейчик<sup>1</sup> А. И., Онысько<sup>2</sup> С. Р., Сазонов<sup>3</sup> М. И.  
Хвисевич<sup>4</sup> В. М., Ярмак<sup>5</sup> М. А.*

<sup>1</sup> Канд. физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, vai\_mrtm@bstu.by

<sup>2</sup> Канд. техн. наук, доцент, декан машиностроительного факультета УО «Брестский государственный технический университет» Брест, Беларусь, onysko\_sergey@mail.ru

<sup>3</sup> Доктор техн. наук, профессор, e-mail: vai\_mrtm@bstu.by

<sup>4</sup> Канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры теоретической и прикладной механики УО «Брестский государственный технический университет» Брест, Беларусь, e-mail: vmhvisevich@bstu.by

<sup>5</sup> Студент машиностроительного факультета УО «Брестский государственный технический университет» Брест, Беларусь, t0009221@g.bstu.by

Для повышения надежности и долговечности деталей и инструмента из стали и чугуна используются различные способы упрочнения металлоизделий. Как показали исследования, при объемной закалке исходят большие затраты электроэнергии, других ресурсов. Кроме того, невозможно произвести закалку с постоянной твердостью, в области кромок деталей возникают значительные напряжения, которые в процессе эксплуатации приводят к возникновению трещин и разрушению детали. Для устранения этих недостатков предлагается применить поверхностное плазменное упрочнение при помощи сжатой движущейся плазменной дуги, горящей в среде аргона [2, 3]. Для реализации такого процесса была создана плазменная установка (рисунок 1).

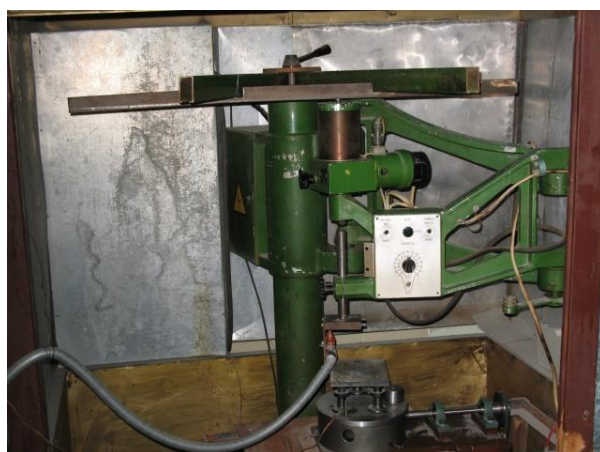


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для поверхностного плазменного упрочнения

Установка состоит из плазмотрона постоянного тока, силового источника питания дуги, устройства ВЧ-поджига дуги, системы газоснабжения плазмотрона аргоном и системы водоохлаждения плазмотрона. Для перемещения плазмотрона



с заданной скоростью создано устройство, реализующее плоскопараллельное движение по копиру упрочняемой детали относительно плазмотрона. Силовой источник обеспечивает горение дуги при напряжении 14–35 В и токах до 32 А, а его напряжение холостого хода – 60 В. Источник позволяет изменять ток от 6 А до 32 А. Поджиг дуги производится при помощи высоковольтного ВЧ-генератора, который подключен одним полюсом к катоду плазмотрона, другим к его соплу. Исследования проводились на образцах из чугуна с шаровидным графитом ВЧ100.

Плазменная закалка производилась при токах дуги  $I = 5 - 28$  А. В качестве плазмообразующего газа использовался аргон. В плазмотроне применено обжимающее сопло с диаметром отверстия 1,2 мм. Скорость перемещения плазмотрона варьировалась от 4 до 27 мм/с. В результате проведенных экспериментов определены оптимальные параметры упрочнения: скорость перемещения плазмотрона  $v = 8$  мм/с, ток дуги  $I = 26$  А. Установлено, что ширина упрочненной плазменной дугой «дорожки» составляет 1,4–2,0 мм.

Для исследования свойств упрочненного поверхностного слоя применялись металлографический, фазовый, рентгеноструктурный анализы.

Шероховатость поверхностного слоя определяли с помощью измерительного комплекса с лазерным сканированием Mistral 070705 фирмы Brown@sharpe с программным обеспечением PC-dmis. Исследования проводили на плоских образцах, при этом снимались профилограммы и шероховатости  $R_a$ .

Для определения воздействия влияния плазменной дуги на микроструктуру и свойства чугуна выполнен металлографический анализ образцов в форме параллелепипеда с нанесенной плазменной дорожкой.

Подготовку микрошлифов осуществляли на установках PR-4X и SPECTRUMSISTEM 2000 фирмы “LECO”. Травление шлифов чугуна производится в 2 % -ном спиртовом растворе  $HNO_3$ .

На анализаторе CS-200 фирмы “LECO” определяли процентное содержание серы и углерода в образцах. Микроструктуру материалов определили с помощью оптического микроскопа OLYMPUS–IX70. Микротвердость по глубине зоны воздействия плазменной дуги и по поверхности определяли микротвердомером ПМТ–3.

Исследованы твердость поверхностного слоя в зависимости от расхода аргона, тока дуги, скорости перемещения плазмотрона, глубины. На рисунке 2 представлено типичное распределение твердости упрочненного слоя от тока дуги.

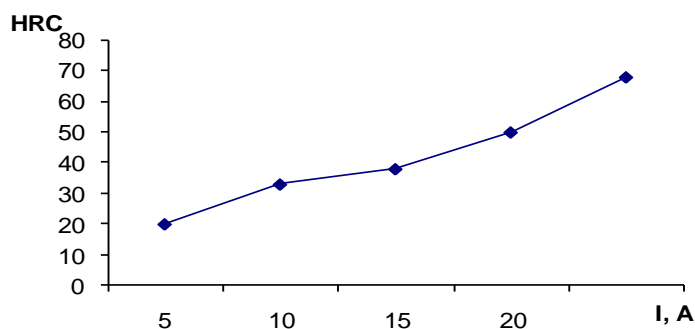


Рисунок 2 – Зависимость твердости упрочненного слоя от тока дуги

Достигнуто увеличение микротвердости до 65...70 НРС. Толщина упроченного слоя может изменяться в зависимости от скорости упрочнения от 0,2 до 0,9 мм. Экспериментально подтверждена возможность закалки при наложении соседних дорожек друг на друга.

#### **Список использованных источников**

1. Райцес, В. Б. Термическая обработка / В. Б. Райцес. – М. : Машиностроение, 1980. – 247 с.
2. Спиридонов, Н. В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н. В. Спиридонов, О. С. Кобяков, И. Л. Куприянов. – Минск : Высшая школа, 1988. – 155 с.
3. Веремейчик, А. И. Поверхностное плазменное упрочнение чугунных матриц / А. И. Веремейчик, М. И. Сазонов, В. М. Хвисевич // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки : Междунар. сб. науч. тр. / Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель, 2010. – Вып. 4. – С. 29–35.

### **ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОАО «БЕЛАЗ» В НАЧАЛЕ ТРЕТЬЕГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ XX В.**

***Восович С. М.***

*кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры гуманитарных наук  
УО «Брестский государственный технический университет»  
г. Брест, Беларусь, svosovich@list.ru*

ОАО «БЕЛАЗ» – один из крупнейших мировых производителей карьерных самосвалов и транспортного оборудования для горнодобывающей и строительной промышленности. На предприятии уделяется большое внимание инновационным разработкам. БЕЛАЗ стремится повысить качество и эффективность, снизить эксплуатационные расходы, улучшить надежность, безопасность и экологичность карьерных самосвалов.

Со стороны добывающих компаний в последнее время растет интерес к карьерной технике на газомоторном топливе. Техника, использующая в качестве моторного топлива сжиженный природный газ, позволяет не только экономить средства (газ имеет по сравнению с дизельным топливом более низкую стоимость), но и улучшает экологическую ситуацию в сильно загазованных карьерах. Помимо этого карьерная техника наиболее удобна для «газификации»: она эксплуатируется недалеко от места своей дислокации и одна заправочная станция может обслуживать весь парк самосвалов в отличие от подавляющего большинства транспортных средств, движущихся по дорогам общего пользования, для которых необходимо иметь заправочные станции по всему пути их следования.

На БЕЛАЗе работа над газификацией карьерной техники ведется по двум направлениям – газодизель и чистый газ. Имеется опыт использования как газодизельных карьерных самосвалов грузоподъемностью 136 т в хозяйстве Ковдорского горно-обогатительного комбината, так и самосвалов с газопоршневым двигателем в Архангельской области в карьере Ломоносовского ГОКа. А 11 апреля 2024 г. в г. Жодино в рамках международной конференции «Электрификация горного транспорта», управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-Холдинг» представила БЕЛАЗ-7513Р – первый в мире 130-тонный газовый карьерный самосвал.

На БЕЛАЗе также занимаются разработкой дизель-троллейбусов. Применение карьерного транспорта такого класса позволяет:

1) увеличить скорость движения самосвала на подъеме в 1,8–2 раза, что в свою очередь дает возможность повысить производительность и нарастить объем перевозок;

2) обеспечить снижение расхода топлива до 80 %;

3) значительно сократить выбросы вредных веществ в окружающую среду и улучшить экологическую обстановку в карьере и прилегающих районах;

4) применять дизельные двигатели меньшей мощности.

Ведутся работы по разработке самосвала-электровоза или электросамосвала, использующего в качестве силовой установки блок тяговых аккумуляторных батарей. Так, в 2021 г. специалисты БЕЛАЗа выпустили совершенно новый тип карьерного транспорта на аккумуляторных батареях БЕЛАЗ-7558Е грузоподъемностью 90 тонн. А на вышеуказанной международной конференции в г. Жодино демонстрировался БЕЛАЗ-7513Е – 120-тонный самосвал на аккумуляторных батареях.

Данные разработки открывают новое направление в производстве «зеленых» самосвалов полностью свободных от вредных выбросов. Использование электросамосвалов позволит горнодобывающим предприятиям экономить за счет разницы цены на топливо и электричество, затрат на сервисное обслуживание и горюче-смазочные материалы. По предварительным оценкам, экономия при использовании аккумуляторной машины по сравнению с серийным самосвалом БЕЛАЗ за 10 лет может составить от 1 до 3 млн. долл. (в зависимости от региона эксплуатации).

В 2022 гг. на территории крупнейшего в Европе предприятия по добыче переработке плотных горных пород РУПП «Гранит» (г. Микашевичи) проводились испытания роботизированного промышленного комплекса БЕЛАЗ, включающего роботизированные карьерные самосвалы БЕЛАЗ-7558R грузоподъемностью 90 тонн, фронтальный погрузчик с дистанционной системой управления БЕЛАЗ-7825D в составе системы интеллектуального карьера, участок которого был оборудован на месторождении «Ситницкое» Лунинецкого района.

По мнению некоторых экспертов, использование роботизированных самосвалов имеет ряд преимуществ:

1. Роботизированная техника работает лучше, чем человек, более эффективно.

2. Такая техника может работать в любых условиях (позволяет работать в условиях хограниченной видимости и загазованности).

А безлюдная технология добычи полезных ископаемых в составе системы интеллектуального карьера позволяет добывающим компаниям сократить себестоимость горных разработок и повысить производительность на 25–30 %, увеличить коэффициент технической готовности техники за счет уменьшения простоев и сэкономить на ее ремонте за счет оптимальных режимов работы. При помощи этой системы руководство горнодобывающего предприятия, сервисные службы в режиме реального времени получают полную информацию о работе карьера. Благодаря использованию роботизированной техники количество задействованных в работе людей сокращается до минимума, а основные функции по добыче полезных ископаемых выполняет система умного карьера.

Таким образом, разрабатывая электросамосвалы на аккумуляторных батареях, дизель-троллейбусы, роботизированные промышленные комплексы, ОАО «БЕЛАЗ» успешно развивается в русле мировых тенденций по использованию альтернативных источников энергии и интеллектуальных беспилотных технологий в карьерной технике.

## **ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА**

*Демьянчук<sup>1</sup> О. В., Шимановский<sup>2</sup> А. О.*

*<sup>1</sup>Магистр технических наук, аспирант кафедры «Техническая физика и теоретическая механика» УО «Белорусский государственный университет транспорта» г. Гомель, Беларусь, olga.demyanchuk.98@mail.ru*

*<sup>2</sup>Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Техническая физика и теоретическая механика» УО «Белорусский государственный университет транспорта» г. Гомель, Беларусь, tm.belsut@gmail.com*

Цифровизации процессов управления перевозками на железнодорожном транспорте требует наличия уточненной информации о технических характеристиках подвижного состава и силах, действующих на него при различных эксплуатационных ситуациях. Проведение натурных испытаний требует значительных материальных затрат, поэтому для решения указанной задачи целесообразно использовать бурно развивающееся в настоящее время компьютерное моделирование.

Существует значительное число публикаций, посвященных исследованиям обтекания транспортных средств воздушным потоком. Обтекание транспортных средств воздушным потоком, направленным вдоль оси пути, рассматривается авторами [1, 2] с целью определения коэффициентов аэродинамического сопротивления, анализа влияния геометрии объектов на аэродинамические характеристики и структуру воздушного потока. Исследования аэродинамики транспортных средств при воздействии бокового ветра в основном посвящены установлению его влияния на характеристики воздушного потока при обтекании

поездов, в том числе при движении в тоннелях и на мостах, а также определению поперечных нагрузок на вагоны [3].

В рассмотренных работах рассматривались лишь случаи конкретного направления ветровой нагрузки по отношению к транспортному средству. Целью данной работы стало установление значений продольных и поперечных сил, действующих на вагон, для всего возможного диапазона изменения угла атаки воздушного потока.

С использованием программного комплекса ANSYS CFX выполнено моделирование обтекания потоком воздуха крытого вагона. Размеры расчетной области, параметры генерируемой сетки и используемые граничные условия были установлены в соответствии с ранее выполненными работами [4, 5]. В процессе расчета осуществлялось численное решение осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса, для замыкания которых использована  $k$ - $\epsilon$  модель турбулентности.

Для разных значений угла атаки воздушного потока получены схемы распределения скоростей потока и давлений на лобовую и боковые поверхности транспортного средства. На рисунке 1 приведена пространственная схема линий тока в расчетной области при угле атаки воздушного потока  $40^\circ$ . Анализ распределения скоростей частиц по объему расчетной области показал, что обтекание вагона потоком воздуха при его отклонении от оси пути не оказывает значительного влияния на максимальные скорости течения воздуха относительно железнодорожного вагона. Однако при значениях угла поворота вагона, больших  $30^\circ$ , область, в которой наблюдаются возмущения воздушного потока, существенно расширяется.

Установлено, что при отклонении направления ветра от продольной оси транспортного средства распределение давлений на лобовой поверхности вагона перестает быть симметричным относительно продольной плоскости симметрии вагона, в то же время давление на боковую поверхность возрастает с увеличением угла атаки ветрового потока до  $40^\circ$ , затем при увеличении до  $60^\circ$  практически не изменяется, а дальнейшее приближение к  $90^\circ$  приводит к симметричному графику.

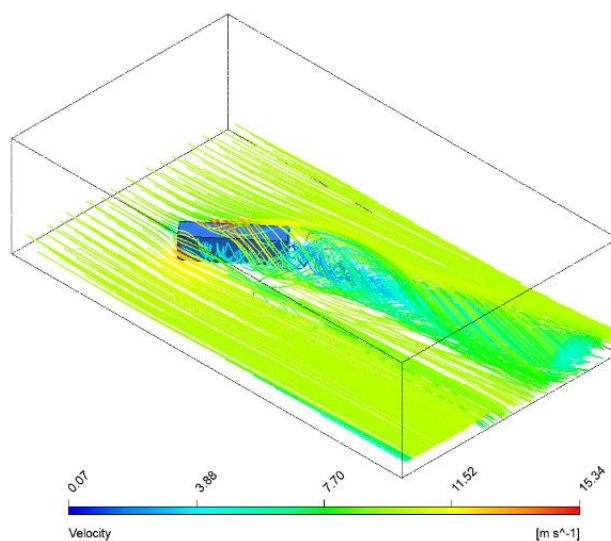


Рисунок 1 – Линии тока в расчетной области при угле атаки воздушного потока  $40^\circ$

Результаты расчетов показали, что с увеличением угла атаки воздушного потока от 0 до 20° аэродинамический коэффициент, характеризующий действие на вагон сил в продольном направлении, возрастает более чем на 20 %, что связано с действием распределенных касательных сил на боковые стенки вагона. При дальнейшем увеличении данного угла значения аэродинамического коэффициента уменьшаются. Увеличение угла атаки от 0 до 45° ведет к значительному увеличению значения боковой силы. При углах атаки, больших 45°, значение поперечной силы оказывается практически постоянным.

Таким образом, наиболее неблагоприятные условия для движения транспортного средства, при которых действующая на него продольная сила максимальна, возникают при углах атаки от 10 до 30°. Максимальные значения поперечных сил реализуются при значениях угла атаки воздушного потока, превышающих 45°. Полученные результаты могут быть использованы при автоматизации процессов эксплуатации железнодорожного подвижного состава, а также для анализа аэродинамики иных транспортных средств, например, автомобилей.

### **Список использованных источников**

1. The performance of different turbulence models (URANS, SAS and DES) for predicting high-speed train slipstream / S. Wang, J. R. Bell, D. Burton [et al.] // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. – 2017. – Vol. 165. – P. 46–57. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2017.03.001>.

2. Effect of wing height lay out on the aerodynamic performance of high-speedtrain / X. Xiong [et al.] // *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*. – 2024. – Vol. 34, iss. 10. – Pp. 3731–3763. – DOI: <https://doi.org/10.1108/HFF-02-2024-0136>.

3. Hemida, H. Contribution of computational wind engineering in train aerodynamics – past and future / H. Hemida // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. – 2023. – Vol. 234. – Art. 105352. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2023.105352>.

4. Shimanovsky, A. O. Simulation of airflow movement around a vehicle / A. O. Shimanovsky, V. U. Dzemyanchuk // *15 Annual International Meeting of the Georgian Mechanical Union. Book of Abstracts*. – Batumi, 2024. – P. 180–181.

5. Шимановский, А. О. Аэродинамика модели железнодорожного грузового вагона при разных углах атаки воздушного потока / А. О. Шимановский, О. В. Демьянчук // *Механика машин, механизмов и материалов*. – 2024. – № 2 (67). – С. 23–29. – DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2024-2-67-23-29>.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАЗОРА МЕЖДУ ДЕТАЛЬЮ И ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ПНЕВМОЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ

*Миронова<sup>1</sup> М. Н., Антонова<sup>2</sup> Е. Н.*

<sup>1</sup>*К. т. н., доцент кафедры «Технология машиностроения»  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет», Могилев, Беларусь, MarinaMN16@mail.ru*

<sup>2</sup>*К. т. н., доцент кафедры «Технология машиностроения»  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет», Могилев, Беларусь, antonovaen@list.ru*

Общими признаками пневмоцентробежной финишной упрочняющей обработки внутренних поверхностей заготовок являются воздействие деформирующих элементов (шаров) на обрабатываемую поверхность, приводом сложного вращательного движения которых является сжатый воздух, подаваемый к шарам, свободно расположенным в кольцевой камере инструмента, при его адиабатическом истечении из сопел.

Одним из факторов, обеспечивающим протекание процесса обработки в условиях разнонаправленного ударного силового воздействия рабочих тел на исходный микрорельеф, является определение оптимального зазора между обрабатываемой поверхностью и наружным диаметром инструмента.

Максимальная скорость струи воздуха, поступающего из сопла в камеру расширения пневмоцентробежного раскатника, зависит от зазора между деталью и инструментом и определяется давлением в рабочей камере.

Для определения оптимального зазора между обрабатываемой поверхностью и наружным диаметром раскатника можно использовать методы, базирующиеся на технологиях искусственного интеллекта, в частности на технологиях функциональных семантических сетях, учитывающих функциональные взаимосвязи между конструкторско-технологическими параметрами пневмоцентробежной упрочняющей обработки внутренних поверхностей заготовок и позволяющие обеспечить заданное качество поверхности на основе решения задачи многофакторной оптимизации конструкции инструмента и режимов обработки.

Для построения функциональной семантической сети проведен анализ процесса обработки отверстий пневмоцентробежными раскатниками, позволивший установить взаимосвязи основных конструктивных параметров инструмента и режимов обработки отверстий. Разработанная сеть включает 23 отношения и 42 параметра [1].

Однако следует учитывать, что не все 42 параметра влияют на величину зазора между обрабатываемой поверхностью и наружным диаметром раскатника. Поэтому был проведен анализ функциональной сети с целью определения неуправляемых и управляемых параметров технологического процесса пневмоцентробежной обработки отверстий. Неуправляемые в ходе решения поставленной задачи фиксируются на некотором неизменном уровне, т. е. являются

исходными данными, а управляемые образуют пространство поиска при оптимизации зазора.

Выбор управляемых параметров базировался на анализе общих технологических подходов к обеспечению заданных параметров качества поверхности при пневмоцентробежной обработке отверстий, выбору ее режимов, анализу конструктивных параметров инструмента и т. д. При таком выборе также учитывалась возможность экономической целесообразности управления параметрами сети.

Таким образом, в качестве управляемых выбраны диаметр шаров, давление в осевой полости инструмента, осевая подача инструмента.

Неуправляемыми параметрами сети являются твердость обрабатываемого материала, диаметр заготовки, а также требуемая шероховатости и форма микрорельефа поверхности, масса шаров, диаметр и количество сопел, исходная шероховатость поверхности, скорость и частота вращения заготовки (при условии ее вращения) и др.

Структурная схема взаимодействия параметров функциональной семантической сети при оптимизации зазора между обрабатываемой поверхностью и наружным диаметром раскатника представлена на рисунке 1.

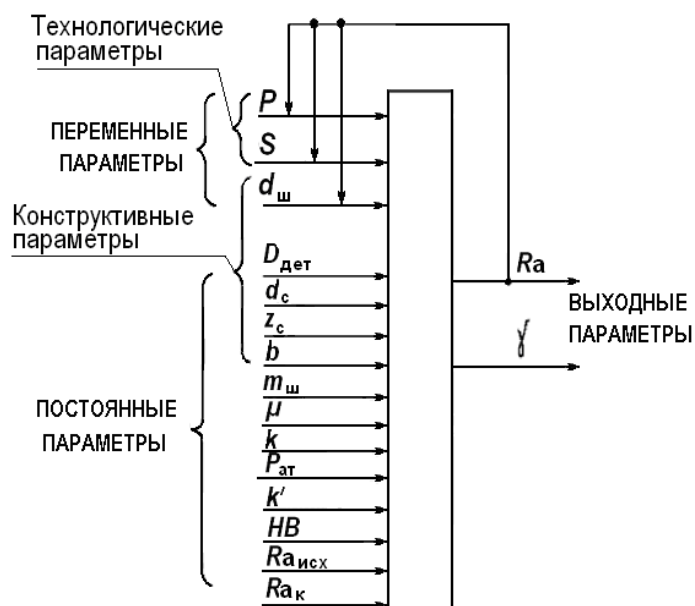


Рисунок 1 – Структурная схема взаимодействия параметров функциональной семантической сети

Входными данными для расчета являются: диаметр обрабатываемого отверстия  $D_{дет}$ , диаметр шаров  $d_{ш}$ , давление в осевой полости инструмента  $P$ , диаметр сопел  $d_c$ , число сопел  $z_c$ , показатель адиабаты для воздуха  $k$ , давление атмосферное  $P_{ат}$ , коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала,  $k'$ , исходная шероховатость поверхности  $Ra_{исх}$ , конечная шероховатость поверхности  $Ra_k$ , твердость обрабатываемого материала  $HB$ , коэффициент Пуассона  $\mu$ ; масса



шара  $m_{ш}$ , подача инструмента  $S$ , расстояние  $b$ , определяющее расположение сопел относительно оси, зазор между деталью и инструментом  $\gamma$ .

Таким образом, методы, базирующиеся на технологиях функциональных семантических сетей, позволяют обеспечить заданное качество поверхности на основе решения задачи многофакторной оптимизации зазора между обрабатываемой поверхностью и наружным диаметром раскатника.

### Список использованных источников

1. Миронова, М. Н. Управление шероховатостью и формой микрорельефа при упрочняющей пневмоцентробежной обработке отверстий на основе использования функциональных семантических сетей / М. Н. Миронова, Е. Н. Антонова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2020. – № 3. – С. 76–85.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНОЙ ВОДЫ В ПОРОВОЙ СТРУКТУРЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

*Кравченко В. В.*

*К. т. н., докторант УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, vkravchenko@g.bstu.by*

### Введение

Все виды бетонов обладают собственными деформациями. Развитие собственных деформаций в условиях внутреннего или внешнего ограничения обуславливает возникновение и развитие микротрещин в структуре бетона, снижая его долговечность. Основными воздействиями, обуславливающими возникновение и развитие усадки, являются: 1) капиллярное давление, действующее в поровой среде цементного камня; 2) изменение поверхностной энергии частиц твердой фазы цементного камня и 3) расклинивающее давление между частицами твердой фазы цементного камня. Таким образом, для прогнозирования возникновения и развития усадки необходимо иметь возможность оценивать основные механизмы ее возникновения.

### Эффективное поровое давление

Основные механизмы возникновения усадки в цементном камне с математической точки зрения можно выразить через эффективное поровое давление:

$$p_{eff} = S \cdot p_c + p_{st} + p_d \cdot \phi_d, \quad (1)$$

где  $S$  – степень насыщения пор влагой;  $p_c$  – капиллярное давление, Па;  $p_{st}$  – давление, обусловленное изменением поверхностной энергии частиц твердой фазы, Па;  $p_d$  – расклинивающее давление между частицами твердой фазы, Па;  $\phi_d$  – объемная доля пор, где проявляется расклинивающее давление.

Капиллярное давление определяют на основании законов Лапласа и Кельвина, давление, обусловленное изменением поверхностной энергии, по данным [1], расклинивающее давление – по данным [2].

Основным показателем, оказывающим существенное влияние на компоненты эффективного порового давления является относительная влажность в поровой среде цементного камня. В свою очередь относительная влажность является величиной, производной от количества влаги в поровой среде цементного камня. При этом количество влаги, находящейся в порах цементного камня в процессе гидратации, распределяется неравномерно в объеме цементного камня, изменяясь от некоторой условной точки в центре ядра цементного камня к условной точке на его поверхности, что обусловлено процессами миграции влаги в его поровой среде.

### Распределение влаги в поровой среде цементного камня

Для описания процесса миграции влаги в поровой среде цементного камня используют модифицированное уравнение Ричардса:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial \theta_{hyd}}{\partial t} = 0, \quad (2)$$

где  $\theta$  – относительное содержание влаги, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $D(\theta)$  – коэффициент фильтрации влаги в поровой среде цементного камня, м<sup>2</sup>/с;  $\frac{\partial \theta_{hyd}}{\partial t}$  – потребление влаги на реакции гидратации, (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>)/с.

Следует отметить, что в большинстве существующих моделей используется несколько иная форма уравнения (2), выраженная через степень насыщения пор влагой  $S$ , которую получают, используя соотношение  $\theta = \phi \cdot S$  ( $\phi$  – относительный объем пористости цементного камня, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>).

Применительно к поровой среде цементного камня, механизм фильтрации влаги включает два термодинамических процесса: 1) фильтрацию влаги, обусловленную законом Дарси ( $D_i(\theta)$ ) и 2) диффузию водяного пара, обусловленную первым законом Фика ( $D_v(\theta)$ ) [3]:

$$D(\theta) = D_i(\theta) + D_v(\theta) = \frac{k_{eff}}{\eta_l} \cdot \frac{\partial p_c}{\partial \theta} + \frac{D_{eff}}{p_v} \cdot \left( \frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^2 \cdot \frac{\partial p_c}{\partial \theta}, \quad (3)$$

где  $k_{eff}$  – коэффициент проницаемости поровой среды, м<sup>2</sup>;  $D_{eff}$  – коэффициент диффузии водяного пара, м<sup>2</sup>/с;  $p_v$  – давление водяного пара, Па;  $\eta_l$  – динамическая вязкость жидкости, Па·с;  $\rho_v, \rho_l$  – плотность водяного пара и жидкости соответственно, кг/м<sup>3</sup>.

Для вычисления коэффициента фильтрации влаги  $D(\theta)$  необходимо установить зависимость  $p_c(\theta)$ . В существующих подходах для этих целей используют феноменологическое уравнение ван Генухтена:

$$p_c(S) = a \cdot (S^{-b} - 1)^{1-\frac{1}{b}}, \quad (4)$$

где  $a, b$  – параметры уравнения.

Существенный недостаток такого подхода – для определения параметров необходимо экспериментальное построение изотерм сорбции и десорбции водяного пара для исследуемой структуры цементного камня. Этот подход является

трудоемким и требующим специального оборудования. Более предпочтительным в данном случае является подход, основанный на условии термодинамического равновесия в поровой среде цементного камня.

### **Термодинамическое равновесия в поровой среде цементного камня**

Вероятностная модель распределения пор по размерам может быть представлена на упрощенном унимодальном вероятностным распределением Рэля-Ритца [4]:

$$V(r) = 1 - e^{-B \cdot r}, \quad (5)$$

где  $V$  – относительный объем пор до радиуса  $r$ ;  $r$  – радиус пор, м;  $B$  – структурный параметр, соответствующий максимуму функции плотности вероятности распределения пор, 1/м.

Зная функцию распределения пор по размерам, можно выразить условие термодинамического равновесия между жидкостью и водяным паром в поровой среде, при котором все поры радиусов, меньших  $r_c$ , будут полностью заполнены влагой, тогда как остальные будут обезвоженными. Принимая допущение, что миграция влаги в цементном камне происходит в основном только через капиллярные поры, условие термодинамического равновесия пористой среды записывают следующим образом [4]:

$$S(r_c) = \int_0^{r_c} \frac{dV}{dr} dr = 1 - e^{-B_c r_c}, \quad (6)$$

где  $r_c$  – радиус капиллярных пор с менисками, м;  $B_c$  – структурный параметр распределения капиллярных пор, 1/м.

Используя выражение (6) совместно с положениями, обозначенными в [4] можно получить зависимость для определения  $r_c$ :

$$r_c = -\frac{\ln(1 - S_c(1 - \ln(S_c)))}{B_c}, \quad (7)$$

где  $S_c$  – степень насыщения пор, соответствующей количеству воды в полностью заполненных влагой порах.

В предложенном подходе ключевым параметром является параметр  $B_c$ , который можно с определенной погрешностью определить из существующих расчетных моделей микроструктуры цементного камня.

### **Заключение**

Предложен подход к распределению свободной влаги в поровой среде цементного камня, по которому вместо феноменологических уравнений ван Генухтена следует использовать условие термодинамического равновесия в поровой среде на основе распределения пор цементного камня по размерам, зависящего от единственного структурного параметра, приближительная оценка которого может быть получена из вычислительных моделей развития микроструктуры цементного камня, что позволяет не прибегать к трудоемким экспериментальным исследованиям для подбора необходимых параметров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The equivalent pore pressure and the swelling and shrinkage of cement-based materials / O. Coussy, P. Dangla, T. Lassabatère, V. Baroghel-Bouny // *Materials and Structures*. – 2004. – Vol. 37, iss. 1. – P. 15–20.
2. Maruyama, I. Origin of Drying Shrinkage of Hardened Cement Paste: Hydration Pressure / I. Maruyama // *Journal of Advanced Concrete Technology*. – 2010. – Vol. 8, iss. 2. – P. 187–200.
3. Mainguy, M. Role of Air Pressure in Drying of Weakly Permeable Materials / M. Mainguy, O. Coussy, V. Baroghel-Bouny // *Journal of Engineering Mechanics*. – 2001. – Vol. 127, iss. 6. – P. 582–592.
4. Maekawa, K. Multi-scale Modelling of Structural Concrete / K. Maekawa, T. Ishida, T. Kishi. – New York : Taylor & Francis Group, 2009. – 655 p.

## АНТИФРИКЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

**Овчинников<sup>1</sup> Е. В., Лунь<sup>2</sup> В. И., Свистун<sup>3</sup> А. Ч., Линник<sup>4</sup> Д. И.  
Веремейчик<sup>5</sup> А. И., Белоусов<sup>6</sup> Д. В.**

<sup>1</sup> Д. т. н., профессор кафедры машиноведения и технической эксплуатации автомобилей, УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь, [ovchin@grsu.by](mailto:ovchin@grsu.by)

<sup>2</sup> Главный механик, ОАО «Гродненский стеклозавод»  
Гродно, Беларусь, [sgm2@grodnoglass.by](mailto:sgm2@grodnoglass.by)

<sup>3</sup> К. ф.-м. н., доцент, доцент кафедры машиноведения и технической эксплуатации автомобилей, УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь, [svistun\\_ach@grsu.by](mailto:svistun_ach@grsu.by)

<sup>4</sup> К. т. н., декан инженерного факультета  
УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»  
Гродно, Беларусь, [d.linnik@grsu.by](mailto:d.linnik@grsu.by)

<sup>5</sup> К. ф.-м. н., доцент, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, [vai\\_mrtm@bstu.by](mailto:vai_mrtm@bstu.by)

<sup>6</sup> Магистрант, УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь  
[Belousov\\_DV\\_23@student.grsu.by](mailto:Belousov_DV_23@student.grsu.by)

Электроискровое легирование (ЭИЛ) – перспективный метод создания наноструктурированных материалов, открытый советскими учеными Б. Р. Лазаренко и Н. И. Лазаренко. Данные исследования заложили фундамент для развития целых научных школ на постсоветском пространстве, посвященных совершенствованию и расширению возможностей этой технологии. Суть метода заключается

в формировании модифицированного поверхностного слоя на проводящем материале путем многократных разрядов электрической дуги между электродом (инструментом) и обрабатываемой поверхностью. При этом возможно применять порошковый материал, частицы которого плавятся и внедряются в поверхностный слой обрабатываемой детали, создавая композиционное покрытие. Этот процесс отличается высокой интенсивностью энергетического разряда, локальностью воздействия и возможностью управления составом и структурой формируемого слоя. Применение порошковых материалов в ЭИЛ открывает широкие возможности для создания материалов нового поколения с уникальными свойствами. В частности, использование тугоплавких металлов (вольфрам, молибден, тантал, ниобий) и их карбидов, нитридов, боридов, а также графита, позволяет получать покрытия с высокой твердостью, износостойкостью, жаропрочностью и коррозионной стойкостью. Например, добавление в порошковую шихту при изготовлении электрода для электроискрового легирования карбида вольфрама значительно повышает твердость и износостойкость модифицируемой стали, а введение графита – улучшает ее смазывающие свойства. Комбинации различных порошковых материалов для электродов позволяют создавать покрытия с оптимизированными характеристиками для конкретных условий эксплуатации. Однако, несмотря на очевидные преимущества, широкое промышленное применение ЭИЛ сдерживается рядом факторов. В первую очередь, это недостаток глубокого понимания физических и химических процессов, протекающих во время электроискрового разряда. Не до конца ясны механизмы формирования наноструктур, влияния параметров процесса (ток, напряжение, частота импульсов, подача порошка) на свойства покрытия, а также факторы, определяющие ресурс инструмента и долговечность получаемых покрытий. Отсутствие адекватных математических моделей и программного обеспечения для предсказания свойств покрытия на стадии проектирования значительно затрудняет оптимизацию технологического процесса. Другой важной проблемой является недостаток практического опыта работы с ЭИЛ установками, особенно теми, которые используют порошковые материалы. Недостаточно разработаны методы контроля качества получаемых покрытий, которые бы обеспечивали достоверную оценку их свойств и соответствия требованиям. Проверка равномерности толщины, микротвердости, фазового состава, наличия пор и трещин требует применения специальных методов. В связи с этим, актуальность исследований в области ЭИЛ остается высокой. Необходимы дальнейшие фундаментальные исследования в области физики электроискрового разряда, разработка новых математических моделей и методов компьютерного моделирования, позволяющих предсказывать свойства ЭИЛ покрытий исходя из параметров технологического процесса. Особое внимание следует уделить совершенствованию ЭИЛ установок, обеспечению их надежности и удобства в эксплуатации, а также разработке простых и эффективных методов контроля качества покрытий. Важной задачей является разработка системы технологического сопровождения, которая бы предоставляла инженерам и технологам необходимую информацию и рекомендации по выбору оптимальных параметров процесса и контролю качества формируемых

покрытий для решения конкретных производственных задач. Перспективным направлением является разработка интеллектуальных систем управления процессом ЭИЛ, способных адаптироваться к изменяющимся условиям в процессе формирования ЭИЛ и обеспечивать высокое качество покрытия. Это может быть достигнуто путем использования сенсорных систем, обратной связи и методов машинного обучения. Внедрение таких систем позволит значительно повысить эффективность и точность процесса ЭИЛ, сделать его более доступным и расширить область применения данной технологии.

Основными преимуществами ЭИЛ является получение высокой адгезионной прочности по сравнению, например, с газотермическим нанесением покрытий, возможность получения модифицированных поверхностных слоев и покрытий на подложке без предварительной подготовки, отсутствие объемного разогрева изделия, возможность не проводить финишную механическую обработку модифицированного изделия, использование метода в кислородсодержащей среде. Представляет интерес синтез МАХ-фаз методом ЭИЛ, который легко осуществим, а также отличается низкими энергозатратами. В ходе исследований были синтезированы МАХ-фазы в виде покрытий непосредственно на поверхностях, требующих защиты от коррозии, износа и т. п. Для получения МАХ-фаз методом ЭИЛ на конструкционной стали 20 и 40 использовали электрод на основе соединения Т15К6. При этом использовались стехиометрические смеси соответствующих порошков.

Адгезионные характеристики электроискровых покрытий оценивались методом скретч-анализа [1]. Оптимальный режим, при котором могут достигаться наиболее высокие значения адгезионного взаимодействия, определялись при частоте вибрации обрабатывающего электрода от 30 до 100 Гц. В качестве источников импульсных разрядов использовались как промышленные, так и экспериментальные установки. Процесс ЭИЛ проводили в диапазоне значений энергии разряда от 0,3 до 10,0 Дж. Установлено, что высокие значения адгезионной прочности и износостойкости для покрытий на основе Т15К6 обусловлены формированием в структуре покрытий МАХ-фаз. Эффект формирования большого количества МАХ-фаз в покрытии происходит при энергиях импульса в диапазоне 8–10 Дж. Проведено упрочнение методом ЭИЛ полумуфт зубчатых. Установлено увеличение эксплуатационного ресурса модифицированных деталей в три раза.

### **Список использованных источников**

1. Овсянников, Е. В. Электроискровые покрытия: структура, свойства, технология формирования: монография / Е. В. Овсянников ; учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы». – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2022. – 254 с.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*Стаценко<sup>1</sup> А. А., Бочкарев<sup>2</sup> С. С.*

<sup>1</sup> *Доцент, доцент кафедры совершенствование профессиональных знаний «Белорусско-Российский университет», Могилев, Беларусь, andrei.statsenko@gmail.com*

<sup>2</sup> *Магистр технических наук, ассистент кафедры технология машиностроения «Белорусско-Российский университет», Могилев, Беларусь, bochkarev-02@bk.ru*

## **Введение**

Сокращение производственных затрат и общего времени внутрипроизводственного процесса имеет решающее значение для отраслей промышленности в развитых странах для сохранения конкурентного преимущества. В то же время требуется производство с высокой добавленной стоимостью. Если не решить эту проблему, то в будущем обрабатывающим отраслям в странах с высокой заработной платой, которые находятся в невыгодном положении, будет все труднее выживать [1] ...

## **Получение объемных изделий методом дуговой наплавки последующей деформацией сварочного участка магнитно-динамическим накатыванием**

Гибридные технологии в машиностроении представляют собой сочетание различных методов и подходов, среди них можно отметить сочетание сварочных технологий и технологий поверхностного пластического деформирования.

Машины и материалы для аддитивного производства являются дорогостоящими и не подходят для производства крупногабаритных изделий, поэтому на практике часто прибегают к методам замены аддитивных технологий на технологии дуговой наплавки. Использование методов создания крупногабаритных объемных металлических изделий с применением дуговой наплавки приводит к проблеме повышенного теплоотдачи в основной материал и его последующих тепловых деформаций. При получении объемных изделий путем использования дуговой наплавки возникает сложность формирования точных контуров поверхностей и, соответственно, повышенная трудоемкость последующей механической обработки. Таким образом, на первоначальном этапе формирования наплавляемого материала появляется возможность использования магнитно-динамического накатывания вместо конечного этапа удаления материала резанием. Магнитно-динамическое накатывание также может помочь в минимизации теплоотдачи в материал, снижению тепловых деформаций, а также в устранении последующего процесса обработки, что, соответственно, повысит трудоемкость и уменьшит потери времени в связи с охлаждением материала.

В Белорусско-Российском университете на машиностроительном факультете существуют наработки в исследовании методов поверхностной пластической деформации и наплавки алюминиевых изделий, что является основанием для предположения об объединении методов и создания гибридной технологии получения объемных изделий путем дуговой наплавки и последующей магнитно-динамической накаткой.

## **Заключение**

Таким образом, при использовании гибридных методов можно будет сократить затраты производства на проектирование и упростить процессы получения изделий, а значит и сократить потери и издержки производства.

## **Список использованных источников**

1. Development of A Hybrid Multi-tasking Machine Tool: Integration of Additive Manufacturing Technology with CNC Machining // ScienceDirect URL: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116004777?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8c93cb72784aac10](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116004777?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8c93cb72784aac10).

## **К ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ**

**Францевич<sup>1</sup> А. В., Прокопеня<sup>2</sup> О. Н.**

*<sup>1</sup>аспирант кафедры автоматизации технологических процессов и производств  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, e-mail: alex.favg@gmail.com*

*<sup>2</sup>заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов и производств  
к.т.н., доцент, УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, e-mail: olegprokopenya@mail.ru*

Решена задача оптимального распределения передаточного отношения между ступенями для двухступенчатой зубчатой передачи по критерию минимального момента инерции.

Мехатронные модули широко применяются в станочном оборудовании, робототехнике, электрическом транспорте. Как правило, к мехатронному модулю предъявляется комплекс требований, включая минимальные габариты, требуемые динамические характеристики, экономичность. Это требует оптимизации как электрической, так и механической составляющих модуля. Авторами ранее решалась задача оптимизации электропривода на основе двигателя постоянного тока [1, 2]. Данная работа посвящена оптимизации параметров механических передач. В частности, рассматривалось, как влияет соотношение передаточных чисел ступеней в двухступенчатой зубчатой передаче на момент инерции, приведенный к валу двигателя, при неизменном общем передаточном отношении.

Кинематическая схема мехатронного модуля приведена на рисунке 1.



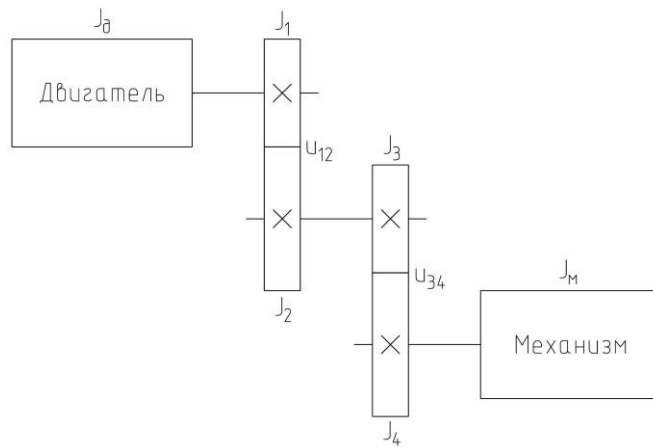


Рисунок 1 – Кинематическая схема мехатронного модуля

Приведенный момент инерции

$$J_{\text{пр}} = J_{\text{Д}} + J_1 + \frac{J_2}{u_{12}^2} + \frac{J_3}{u_{12}^2} + \frac{J_4}{u_{12}^2 \cdot u_{34}^2}$$

где  $J_{\text{Д}}, J_1, J_2, J_3, J_4$  – моменты инерции ротора двигателя и зубчатых колес;  $u_{12}, u_{34}$  – передаточные числа первой и второй ступеней.

При изменении передаточного числа изменяются размеры зубчатых колес, их моменты инерции и, соответственно приведенный момент инерции. Задача состоит в распределении передаточного отношения между ступенями таким образом, чтобы приведенный момент инерции был минимальным. Расчет геометрических параметров зубчатой передачи выполнялся в соответствии с ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Процедура расчета автоматизирована за счет разработки программного калькулятора в Excel. С помощью калькулятора выполнен расчет приведенного момента инерции при варьировании соотношением передаточных чисел ступеней зубчатой передачи. Результаты представлены на рисунке 2.

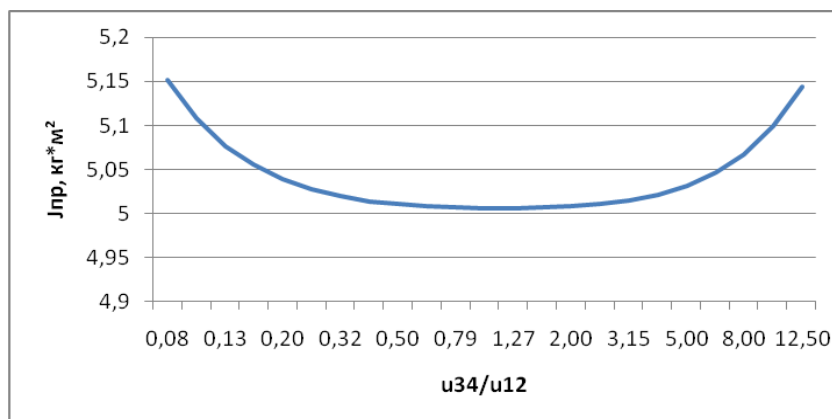


Рисунок 2 – Зависимость приведенного момента инерции от соотношения передаточных чисел ступеней зубчатой передачи

Как следует из приведенного рисунка, зависимость имеет локальный минимум при соотношении передаточных чисел ступеней, близком к единице. Таким

образом, желательна равномерная разбивка передаточного отношения по двум ступеням. При увеличении соотношения передаточных чисел до трех рост приведенного момента инерции незначителен, при дальнейшем увеличении соотношения передаточных чисел начинается интенсивный рост приведенного момента инерции. С помощью разработанного калькулятора предполагается выполнить аналогичный анализ для передач с большим числом ступеней, а также других типов передач. Результаты могут быть использованы при разработке мехатронных модулей.

### **Список использованных источников**

1. Оптимизация привода постоянного тока с регулируемой скоростью / О. Н. Прокопеня, Л. И. Вабищевич, А. В. Францевич, О. Г. Прожижко, А. С. Лапука // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – № 2. – С. 93–96.

2. Оптимизация позиционного привода постоянного тока / О. Н. Прокопеня, Л. И. Вабищевич, О. Г. Прожижко, А. С. Лапука // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2024. – № 2. – С. 79–83.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В ИНФРАСТРУКТУРУ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Шумская В. В.*

*Студент группы Л-22, УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, vldasatohina966@gmail.com*

### **Введение**

Первый отечественный электротранспорт, а именно электробус, появился на улицах Беларуси в 2017 году. Он не нуждался в контактных сетях, строительство которых обходится государству довольно дорого, да и других преимуществ достаточно. Сегодня никого не нужно убеждать в том, что развитие электротранспорта в любой стране – современная тенденция, от которой нельзя уйти.

### **Основная часть. Развитие электротранспорта в Беларуси**

В 2023 году в рамках программы внедрения электротранспорта в инфраструктуру Беларуси было реализовано 48 мероприятий. Это 13 научных исследований и научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, 12 меро-приятий по созданию производств, 23 мероприятия, направленных на создание условий для разработки и внедрения электротранспорта. На финансирование мероприятий программы в 2022 году было выделено 29,8 млн бел. руб. Министерство промышленности Республики Беларусь отмечает, что программа в первую очередь нацелена на расширение и внедрение электрического общественного транспорта. Так, в 2023 году почти во все областные центры страны были приобретены троллейбусы с автономным ходом: в Брест, Витебск, Гомель, Могилев и в Минск.

Реализация программы развития электротранспорта невозможна без новых материалов, технологий, накопителей энергии, которые сегодня разрабатываются и создаются. В 2023 году минский автомобильный завод (МАЗ) провел испытания опытного образца электробуса для перевозки пассажиров в аэропортах. Большая работа проделана и на белорусском автомобильном заводе (БелАЗ): разработана технологическая документация, доработана конструкторская документация образцов карьерных самосвалов грузо-подъемностью 220 т. «Белкоммунмаш» (производитель общественного электротранспорта) и МАЗ произвели 67 троллейбусов в обычном исполнении, 451 троллейбусов с автономным ходом, 34 электробуса и 38 трамваев с учетом машинокомплектов. Также «Белкоммунмаш» выпустил 263 изделия силовой электроники – это системы управления аккумуляторными батареями и преобразователи напряжения. «Могилевлифтмаш» произвел 259 тяговых электродвигателей. «БЕЛДЖИ» (предприятие по сборке китайских легковых автомобилей Geely в Беларуси) поставил на рынок 100 электромобилей. Центром испытаний и сертификации «БЕЛЛИС» разработаны, приняты и введены в действие десять госстандартов – на электрическое оборудование, методы испытаний и другое. Во всем мире пассажирский электротранспорт набирает популярность. Беларусь не отстает от этого экономического тренда. В 2023 году доля городского пассажирского электротранспорта в общем количестве составила более 37 %. Пассажирский транспорт в городах Беларуси тоже активно переводят на электричество. К 2025 году стоит амбициозная задача: долю городского электротранспорта увеличить до 45 %. Специалисты, работающие в данной сфере, подсчитали, что эксплуатационные расходы на электрическое транспортное средство на 15 % ниже, чем на автобус, работающий на дизтопливе.

Значимый, имиджевый для страны проект реализуется и в Шклове – проведены необходимые работы по модернизации электросетей, выполнена реконструкция и строительство трансформаторных подстанций. Недавно городу было передано 15 современных единиц техники, новый общественный транспорт произведен на предприятии «Белкоммунмаш» [2].

Новые электробусы работают на трех городских маршрутах, а также курсируют по 19 пригородным. Масштабный проект по обеспечению городов электротранспортом будет продолжаться на территории всей страны. Выделены деньги на производство и закупку техники в 2024 году. На очереди – Витебская область. К слову, доля общественного электротранспорта в Минске в 2023 году в наземных перевозках увеличилась почти до 56 %, еще пять лет назад она составляла только около 40 %. По данным Министерства промышленности Республики Беларусь, номенклатурный ряд средств электротранспорта по итогам 2023 года составляет девять наименований.

В стране сформирована развернутая сеть зарядных станций – их уже более одной тысячи. Строительство базовой инфраструктуры для электротранспорта входит в задачи национального оператора «Белоруснефть». Им создана сеть электрозаправочных станций (ЭЗС), которая насчитывает уже 690 объектов. Современные ЭЗС установлены во всех областях республики, что обеспечивает свободное и беспрепятственное передвижение современного электромобильного транспорта по всей территории страны.

По результатам реализации комплексной программы, в 2023 году количество легковых электромобилей выросло за год в 2,5 раза. Доля электротранспорта в общем количестве городского пассажирского транспорта составила более 37 %. В 2024 году реализация программы продолжится в более стремительном темпе [3].

### **Заключение**

Таким образом, можно сделать вывод, что Республика Беларусь стремится к развитию транспортной инфраструктуры страны, а также принимает меры по оказанию финансовой помощи всем предприятиям, работающим в данной сфере. Перспектива внедрения электротранспорта на территорию Республики Беларусь реальна, над чем сейчас и работают специалисты данной области.

### **Список использованных источников**

1. В Минске 80 % выбросов загрязняющих веществ в воздух приходится на автомобили. – URL: <https://belta.by/regions/view/v-minske-80-vybrosov-zagrjaznjajuschih-veschestv-v-vozduh-prihoditsja-na-avtomobili-660632-2024/?ysclid=m1z53td8od473774800>. – Дата обращения: 12.09.2024.

2. Юрченко, В. Р. Электрификация транспорта: экономическая и социальная эффективность / В. Р. Юрченко, А. В. Хваленя ; науч. рук. Т. И. Серченя // Инженерная экономика : материалы 77-й студенческой научно-технической конференции, секция «Инженерная экономика», 23–27 апреля 2021 / Белорусский национальный технический университет, Машиностроительный факультет ; редкол.: С. И. Адаменкова (пред. редкол.) [и др.] ; сост. О. А. Лавренова. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 115–117.

3. О реализации программы по развитию электротранспорта в Беларуси [Электронный ресурс]. – URL: <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2024/april/77570/>. – Дата обращения: 30.04.2024.

# ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫМИ ЧАСТИЦАМИ

*Эйсымонт<sup>1</sup> Е. И., Овчинников<sup>2</sup> Е. В., Веремейчик<sup>3</sup> А. И.  
Григорьева<sup>4</sup> Т. Ф., Воропаева<sup>5</sup> Е. Т.*

<sup>1</sup> К. т. н., доцент кафедры логистики и методов управления  
УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»  
Гродно, Беларусь, ya.eisymont@gmail.com

<sup>2</sup> Д. т. н., профессор кафедры машиноведения и технической  
эксплуатации автомобилей УО «Гродненский государственный  
университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь, ovchin@grsu.by

<sup>3</sup> К. ф.-м. н., доцент, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, vai\_mrtm@bstu.by

<sup>4</sup> Д. х. н., ведущий научный сотрудник, руководитель Группы металлических  
композиционных материалов, институт химии твердого тела и механохимии  
Сибирского отделения Российской академии наук  
Новосибирск, Россия, grig@solid.nsc.ru

<sup>5</sup> Старший преподаватель кафедры машиноведения и технической  
эксплуатации автомобилей УО «Гродненский государственный  
университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь, gorychava\_et@grsu.by

Механоактивация – перспективный метод модификации материалов, открывающий широкие возможности для улучшения эксплуатационных характеристик самых разнообразных материалов, изготовленных по различным технологиям в том числе и аддитивным. Суть данной механоактивационной технологии заключается в воздействии на материал интенсивных механических сил (ударов, сжатия, трения) приводящих к глубоким структурным изменениям. В отличие от традиционных методов обработки, механоактивация позволяет не только изменять форму и размер частиц, но и управлять их внутренней структурой на атомарном и нанометровом уровнях. В процессе механоактивации происходит накопление различных дефектов кристаллической решетки, увеличение удельной поверхности, изменение поверхностной энергии и фазового состава материала, возникают новые, часто наноразмерные фазы, значительно повышающие активность вещества. Например, механоактивация может приводить к образованию аморфных фаз в кристаллических материалах, что позволяет формировать новые кристаллические модификации вещества с определенными заданными свойствами, а также к образованию наночастиц с уникальными характеристиками. Эффективность механоактивации зависит от многих факторов, включая тип активатора (например, шаровые мельницы, вибрационные или ультразвуковые установки), параметры процесса (время, интенсивность, среда), а также от свойств исходного материала. Особый интерес представляет механоактивация композитных материалов, в частности систем, состоящих из полимеров (или олигомеров), и твердых неорганических или органических наполнителей. Такой подход позволяет создавать материалы с улучшенными механическими,

термическими, электрическими или оптическими свойствами. Совместная механоактивация полимерной матрицы и твердых частиц приводит к образованию сложных композитных структур, где полимерная составляющая образует своего рода «шубу» вокруг твердого ядра. Это может быть, например, силикатное ядро, покрытое полимерным слоем, или углеродные нанотрубки, окруженные полимерной матрицей. Образующиеся структуры обладают синергетическим эффектом, где свойства композита превосходят сумму свойств отдельных компонентов. Механизм образования таких композиционных структур довольно сложен и до сих пор не до конца изучен. Предполагается, что он связан с процессами адсорбции и химического взаимодействия полимера с поверхностью твердых частиц, а также с формированием пространственных сшитых структур в полимерной матрице под воздействием механических сил. В случае использования слоистых силикатов, например монтмориллонита или вермикулита, происходит интеркаляция макромолекул полимера в межслоевые пространства силикатов. Это приводит к расслоению силикатов и образованию тонких слоев, равномерно распределенных в полимерной матрице. Такое равномерное распределение обеспечивает эффективное модифицирование полимера, повышая его прочность и жесткость. Кроме того, механоактивация может способствовать активации поверхности твердых частиц, увеличивая их реакционную способность и улучшая адгезионное взаимодействие с полимерной матрицей. Это особенно важно для наполнителей с низкой поверхностной энергией, таких как углеродные материалы. Механоактивация может создавать на их поверхности активные центры, способствующие образованию прочных химических связей с полимерными молекулами. В результате образуется композит с улучшенной адгезией между компонентами и, соответственно, повышенными механическими свойствами [1].

Целью исследований являлось исследование триботехнических характеристик термопластичных полимеров, модифицированных силикатными механоактивированными частицами.

В качестве объекта исследований был выбран полиэтилен низкого давления (ПЭНД). Это обусловлено его широким применением в различных отраслях промышленности, а аэросила, благодаря своей высокой удельной поверхности и способности повышать активность в результате механоактивационного воздействия, является перспективным наполнителем для улучшения свойств полимерных материалов. Механоактивация аэросила осуществлялась на специализированной установке АГО-2, где частицы подвергались интенсивным механическим воздействиям, таким как сдвиг, удар и истирание. Регулируя параметры процесса (скорость вращения, время обработки, давление в зоне контакта), можно контролировать степень механоактивации и, следовательно, изменять свойства получаемого наполнителя. Важно отметить, что механоактивация приводит к изменению морфологии частиц аэросила – увеличению дефектности поверхности, образованию новых активных центров и, что особенно важно, к изменению их поверхностного заряда. Полученные результаты экспериментально подтвердили предположение о существенном влиянии механоактивированного аэросила на структуру и свойства ПЭНД. В частности, наблюдалось значительное повышение степени кристалличности

полимерной матрицы. Это объясняется тем, что механоактивированные частицы, имеющие высокую удельную поверхностную энергию и нескомпенсированный заряд, действуют как зародышеобразующие центры кристаллизации. Кроме того, вокруг каждой частицы формируется упорядоченный переходный слой, размеры которого зависят от степени механоактивации модификатора. Механоактивированные частицы аэросила способствуют образованию своеобразной физической сетки в полимерной матрице. Взаимодействуя с активными центрами частиц, макромолекулы ПЭНД образуют сетку физических связей сшивки, повышая прочность и жесткость композиционного материала. Это явление аналогично образованию сшивки полимерных материалов при радиационном или химическом воздействии. Однако в данном случае образующаяся «сеть» более лабильна и зависит от распределения наполнителя в полимерной матрице. Для повышения эффективности модифицирования полимерной матрицы были исследованы механоактивированные частицы аэросила с различными соотношениями параметров механоактивации. Было обнаружено синергетическое воздействие таких частиц на полимерную матрицу, приводящее к более значительному улучшению трибологических характеристик, чем при использовании отдельных компонентов. Это связано с созданием более сложной и эффективной трехмерной структуры в полимерной матрице. Разработанные композиционные материалы на основе ПЭНД и механоактивированного аэросила продемонстрировали улучшенные трибологические показатели (коэффициент трения, износ) по сравнению с исходным ПЭНД и композитами, модифицированными исходным аэросилом. Это подтверждает перспективность использования механоактивированных наночастиц для создания износостойких и высокопрочных полимерных материалов. Кроме того, проведены исследования влияния различных методов нанесения покрытий на основе разработанных композитов, что позволило оптимизировать технологический процесс и получить материалы с еще более высокими эксплуатационными характеристиками.

#### **Список использованных источников**

1. Овчинников, Е. В. Механоактивированные композиционные материалы на полимерной основе / Е. В. Овчинников, Т. Ф. Григорьева, Т. Ф. Эйсымонт, А. Е. Овчинников // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2024. – № 4 (87). С. – 63–70.

# АДГЕЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕРХТВЕРДЫХ ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АЛТИНОВ

**Чекан<sup>1</sup> Н. М., Овчинников<sup>2</sup> Е. В., Акула<sup>3</sup> И. П., Веремейчик<sup>4</sup> А. И.  
Огородников<sup>5</sup> А. В., Хвисевич<sup>6</sup> В. М.**

<sup>1</sup>К. ф.-м. н., заведующий лабораторией наноматериалов и ионно-плазменных процессов  
ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»,  
Минск, Беларусь, *res@bas-net.by*

<sup>2</sup>Д. т. н., профессор кафедры машиноведения и технической  
эксплуатации автомобилей УО «Гродненский государственный  
университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь, *ovchin@grsu.by*

<sup>3</sup>К. т. н., ведущий научный сотрудник лаборатории наноматериалов  
и ионно-плазменных процессов ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь, *shark@phti.by*

<sup>4</sup>К. ф.-м. н., доцент, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, *vai\_mrtm@bstu.by*

<sup>5</sup>Заведующий лабораторией кафедры архитектуры и строительства  
УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»  
Гродно, Беларусь, *Ogorodnikov\_AV@grsu.by*

<sup>6</sup>К. т. н., доцент, профессор кафедры теоретической и прикладной механики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, *vmhvisevich@bstu.by*

Сочетание высокой износостойкости и прочности быстрорежущих сталей обусловлено высокими требованиями к режущему инструменту, используемому для обработки твердых и сверхтвердых материалов, применяемых при производстве различных деталей машин и механизмов [1–4]. При механообработке изделий как передняя, так и задняя поверхности режущего инструмента подвергаются высокоабразивному износу, вызванному наличием мелкодисперсных карбидов в стали [5]. На механизм абразивного износа дополнительно оказывают влияние адгезия и трибохимические реакции, которые могут привести к образованию нароста на кромке металлообрабатывающего инструмента [1]. В частности, наличие высоких температур и окислительных процессов, наблюдаемых в процессе резания, предъявляют высокие требования к металлообрабатывающим инструментам в отношении термической стабильности [5, 6]. Функция антифрикционного сверхтвердого покрытия заключается в разделении обрабатываемой заготовки инструмента во время процесса резания. Это минимизирует повреждение инструмента из-за адгезии, трения, диффузии и окисления [7]. Система покрытия (Ti,Al,Si)(C,N) была разработана с учетом стойкости к окислению и износу при металлообработке различных типов стали. Данный тип покрытий основан на тройной системе (Ti,Al)N, которая модифицирована добавлением кремния, углерода, фтора и представляет собой многообещающее решение для получения износостойких защитных покрытий, применяемых для модифицирования



металлообрабатывающего инструмента при высокопроизводительных процессах обработки черных металлов методом резания [8–10]. Добавление кремния с содержанием примерно  $Si = 5$  ат. % приводит к образованию аморфной матрицы, содержащей нитрид кремния ( $Si_3N_4$ ), который прерывает рост  $(Ti,Al,N)(C)$ -кристаллитов и, таким образом, уменьшает размер их кристаллов. Покрытие состоит из наночастиц  $(Ti,Al,Si)(N,C)$  с размерами зерен  $d < 20$  нм, которые внедрены преимущественно в аморфную матрицу  $Si_3N_4$ . Благодаря высокой дисперсности зерен и адгезионной прочности между нанозернами и аморфной матрицей, покрытия обладают повышенной твердостью по сравнению сполукристаллическими покрытиями с сопоставимым химическим составом [12, 13]. Одним из вариантов создания высокотвердых, высокотемпературных покрытий на основе алтинов является добавление хрома. Такой подход позволяет увеличивать метастабильную растворимость гексагонального  $AlN$  в кубическом  $(Ti,Al)N$  [11]. Таким образом, можно достичь лучшей высокотемпературной прочности  $(Ti,Al,Cr,Si)N$  [8]. Кроме того, аморфная матрица  $Si_3N_4$  предотвращает диффузию кислорода в кристаллические нанозерна. Это увеличивает неизменность фазового состава покрытий, а также и окислительную стойкость защитных слоев [14–16]. Добавляя кислород к нитридным твердым покрытиям, можно специально регулировать содержание кислорода в реакционном слое, что может повысить стойкость к окислению и адгезионную стойкость к материалу субстрата [17].

Целью исследований является изучение адгезионных характеристик покрытий на основе алтинов, модифицированных кремнием.

Композиционные покрытия на основе  $AlTiSi(N)$  наносились методом реактивного электродугового испарения на установке УВНИПА 1-001. В качестве подложек использовалась сталь 45. Поверхность подложек подвергалась закалке до HRC 50–55 и шлифовке до чистоты не ниже 11 класса. Перед нанесением проводилась чистка и нагрев поверхности образца ионами титана при следующих режимах: ток испарителя – 105–110 А; потенциал на образце –1,0 кВ. Методом скретч-анализа оценивались адгезионные характеристики вакуумных покрытий. Для исследований использовано стандартное оборудование, применяемое для проведения испытаний, в которое входит модуль для проведения измерительного царапания, исследования износа и профилометрии. Система обратной связи используется как контролирующая прилагаемую нагрузку, силу, действующую на образец, не зависящую от топографии поверхности. Процедура предварительного сканирования позволяет измерять реальную глубину проникновения при скретч-тесте для характеристики упругого восстановления, используя процедуру постсканирования [18].

Результаты исследований показали, что при изменяющейся нормальной нагрузке, действующей на индентор в диапазоне от 1 Н до 40 Н, для покрытий, полученных методом реактивного электродугового испарения, полное отслаивание покрытий  $AlTiSi$  от субстрата наблюдается в диапазоне от 12 Н до 15 Н. Покрытия состава  $AlTiSi(N)$ , сформированные при  $P_{N_2} \sim 1,1 \cdot 10^{-2}$  Па, начинают отслаиваться при значениях, находящихся в области 19–20 Н. Полное отслоение покрытия от субстрата наблюдается при значениях нагрузки на алмазный

индентор  $\sim 23$  Н. Увеличение давления газа в камере при формировании покрытий AlTiSi(N) до значений  $P_{N_2} \sim 1,8 \cdot 10^{-2}$  Па и напряжении смещения  $\sim$  минус 100 В, также улучшает адгезионные характеристики защитных слоев. Наблюдается увеличение значений адгезионного взаимодействия до 22–24 Н, полное разрушение покрытий происходит при значениях нагрузки 25 Н. Однако покрытие AlTiSi(N), сформированное на стали 45 при  $P_{N_2} \sim 1,8 \cdot 10^{-2}$  Па и напряжении смещения  $\sim$  минус 50 В обладает такими же адгезионными характеристиками, как и базовое покрытие AlTiSi.

Проведенные исследования по изучению адгезионного взаимодействия методом краевого угла смачивания и согласно стандартов по DIN 4856:2018-02 и VDI 3198 показали хорошую корреляцию результатов с данными скретч-анализа.

### Список использованных источников

1. Characterization of tool wear in high-speed milling of hardened powder metallurgical steels / F. Klocke, K. Arntz, G.F. Cabral [et al.] // *Adv. Tribol.* – 2011. – Vol.1. – 1–13. – <https://doi.org/10.1155/2011/906481>.

2. Tönshoff, H. K. Cutting of hardened steel / H. K. Tönshoff, C. Arendt, R. B. // *Amor CIRP Ann.* – 2000. – Vol.1. – 547–566. – [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)63455-6](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63455-6).

3. Denkena, B. Reduction of wear induced surface zone effects during hard turning by means of new tool geometries / B. Denkena, D. Boehnke, R. Meyer // *Prod. Eng. Res. Dev.* – 2008. – Vol.1. – 123–132. – <https://doi.org/10.1007/s11740-008-0089-1>.

4. Manufacturing of dies from hardened tool steels by 3-axis micromilling / D. Biermann, A. Baschin, E. Krebs, J. Schlenker // *Prod. Eng. Res. Dev.* – 2011. – Vol.1. – 209–217. – <https://doi.org/10.1007/s11740-010-0293-7>.

5. Weinert, K. Drehen und Fräsen pulvermetallurgischer Hartlegierungen für warmgehende Werkzeuge / K. Weinert, M. Buschka, S. Hesterberg // *Mat.-wiss. u. Werkstofftech.*, – 2001. – Vol.1. – 434–446.

6. Wear and breakage of TiAlN- and TiSiN-coated carbide tools during high-speed milling of hardened steel / C.Y. Wang, Y.X. Xie, Z. Qin [et al.] // *Wear* 336–337. – 2015. – Vol.1. – 29–42. – <https://doi.org/10.1016/j.wear.2015.04.018>.

7. F. Klocke, W. König, *Fertigungsverfahren 1* (2008) 8 (9783540358343).

8. S.F. Bolz, *Abscheidung nanostrukturierter Verschleißschutzschichten für Zerspanwerkzeuge mittels Kathodenzerstäubung*, RWTH Aachen University, Shaker, Aachen, Diss, 2011 (9783844003406).

9. Y.-Y. Chang, C.-Y. Hsiao, High temperature oxidation resistance of multicomponent Cr–Ti–Al–Si–N coatings, *Surf. Coat. Technol.* 204 (2009) 992–996. – <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2009.04.009>.

10. Deposition of superhard TiAlSiN thin films by cathodic arc plasma deposition / S. K. Kim, P. V. Vinh, J. H. Kim, T. Ngoc // *Surf. Coat. Technol.* – 2005. – P. 1391–1394. – <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2005.08.109>.

11. Impact of Al and Cr alloying in TiN-based PVD coatings on cutting performance during machining of hard to cut materials / A. I. Kovalev, D. L. Wainstein, A. Y. Rashkovskiy [et al.] // *Vacuum* 84. – 2009. – 184–187. – <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2009.06.019>.
12. Vepřek, S. Superhard nanocrystalline composite materials / S. Vepřek, S. Reiprich, L. Shizhi // *Appl. Phys. Lett.* – 1995. – Vol.66.– P. 2640–2642. – <https://doi.org/10.1063/1.113110>.
13. Nanocomposite Ti–Si–N films deposited by reactive unbalanced magnetron sputtering at room temperature / N. Jiang, Y.G. Shen, Y.-W. Mai [et al.] // *Mater. Sci. Eng.* – 2004. – Vol.106. – P. 163–171. – <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2003.09.033>.
14. Comparative study of the tribological behaviour of superhard nanocomposite coatings nc-TiN/a-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> with TiN / S. Ma, J. Procházka, P. Karvánková, Q. Ma [et al.] // *Surf. Coat. Technol.* – 2005. – Vol.194. – P. 143–148. – <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2004.05.007>.
15. Investigation of nanocrystal-(Ti,Al)N<sub>x</sub>/ amorphous-SiN<sub>y</sub> composite films by co-deposition process / B.-S. Yau, J.-L. Huang, D.-F. Lii, P. Sajgalik // *Surf. Coat. Technol.* – 2004. – Vol. 177–178. – P. 209–214. – <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2003.09.034>.
16. Investigation of nanocrystal- (Ti<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)N<sub>y</sub>/amorphous-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanolaminate films / B.-S. Yau, J.-L. Huang, H.-H. Lu, P. Sajgalik // *Surf. Coat. Technol.* – 2005. – Vol.194. – P. 119–127. – <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2004.05.009>.
17. A contribution to explain the mechanisms of adhesive wear in plastics processing by example of polycarbonate / .К. Bobzin, T. Brögelmann, G. Grundmeier [et al.] // *Surf. Coat. Technol.* – 2017. – Vol.332. – P. 464–473. – <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.07.080>.
18. CSM INSTRUMENTS. Техническое описание. Микро Скретч Тестер (MST 2) / ООО «Ниеншанц-Сайнтифик». URL: [http://lab-nnz.ru/wp-content/uploads/02-MST2\\_Technical-Features\\_2011-RUS.pdf](http://lab-nnz.ru/wp-content/uploads/02-MST2_Technical-Features_2011-RUS.pdf).

**ОЦЕНКА ТЕПЛОТДАЧИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ХЛОРИДА  
КАЛЬЦИЯ И ХЛОРИДА НАТРИЯ**

*Алексеева Н. В.*

*К.т.н., доцент кафедры «Технологические процессы, аппараты  
и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный  
технический университет», Тамбов, Россия, alexejewa.nadja@gmail.com*

Эффективность переноса тепла от источника к потребителю имеет важное значение в экономическом развитии технологий теплоснабжения. Основными элементами теплопереноса, которые оказывают существенное влияние на возможно переносимое количество тепла и сопутствующие им тепловые потери, являются теплоноситель и используемое оборудование. При выборе теплоносителя технологи составляют ряд требований, предъявляемых к теплоносителю. Разработка аппаратного оформления теплообменного оборудования подразумевает обязательные теплоизоляционные элементы. Совместное использование теплоносителя и оборудования влечет за собой ряд негативных технологических явлений, решение которых необходимо учитывать при проектировании и расчете теплообменного оборудования. К таким явлениям следует отнести осадкообразование, увеличение гидравлического сопротивления и уменьшение скорости теплоносителя, изменение теплопроводности стенок оборудования [1]. В настоящее время существует ряд подходов к решению подобных задач [2], что требует более подробного исследования.

Одним из методов организации теплоснабжения является использование водных растворов с присадками для снижения осадкообразования внутри используемого оборудования. В качестве профилактики организуется промывка оборудования кислотными или щелочными растворами. Недостатком метода является последующая необходимость утилизации отработанных высокоминерализованных растворов, что негативно влияет на экологическую составляющую технологического процесса.

К наиболее экологически безопасным процессам относится процесс водоподготовки с помощью ионообменных смол. Данный процесс в основном используется для подготовки воды для парогенераторов. Суть процесса заключается в замене солей кальция, магния и железа, являющихся основными источниками образования осадков на хорошо растворимые соли натрия. Данный процесс можно использовать и для подготовки воды для сетей теплоснабжения. Для оценки эффективности использования данного процесса необходимо оценить, как изменится скорость теплоотдачи в теплоносителе при смене вида соли.

Таким образом, целью работы является определение изменений в процессе теплопереноса при смене соли хлорида кальция на соль хлорида натрия при прочих равных условиях. Объективную оценку можно провести при сравнении коэффициентов массоотдачи, которые определяются из критерия Нуссельта ( $Nu$ ) по критериальному уравнению для турбулентного режима течения теплоносителей (для оценочного расчета при сравнении теплоносителей можно пренебречь множителем, учитывающим параметры системы при температуре стенки) [3]:

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,42}, \quad (1)$$

где 
$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}; \quad Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}; \quad Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda}.$$

Расписав все критерии подобия и выразив коэффициент теплоотдачи, получаем:

$$\alpha = 0,021 \cdot \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}} \cdot \frac{\lambda^{0,58} \cdot \rho^{0,8} \cdot c^{0,42}}{\mu^{0,88}} = 0,021 \cdot K \cdot K_1, \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий технологические и аппаратные параметры проведения процесса,  $K_1$  – корреляционный коэффициент, зависящий от характеристик теплоносителя. Таким образом, необходимо получить зависимость  $\alpha = f(K_1)$ .

Для расчета были использованы справочные данные для раствора хлорида натрия и кальция: плотность раствора  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>), удельная теплоемкость  $c$  (Дж/кг·К), удельная теплопроводность  $\lambda$  (Вт/м·К) и динамический коэффициент вязкости  $\mu$  (Па·с) в зависимости от концентрации раствора. Результаты расчета представлены на рисунке.

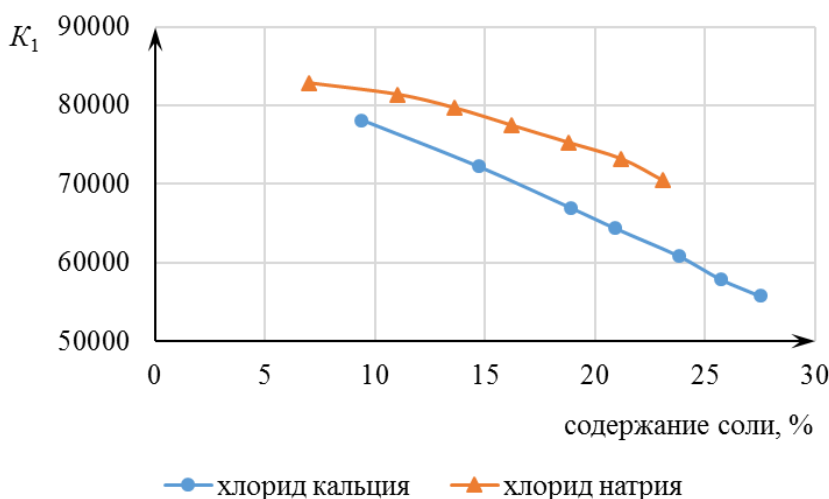


Рисунок – Зависимость коэффициента корреляции для расчета коэффициента теплоотдачи

Проведенные математические расчеты, основанные на справочных теплофизических характеристиках рассмотренных водных растворов хлорида кальция и хлорида натрия, позволяют сделать вывод о повышении коэффициента

теплоотдачи в растворах хлорида натрия по сравнению с раствором хлорида кальция при прочих равных условиях, что говорит о дополнительном положительном эффекте процесса водоподготовки теплоносителя в технологии теплоснабжения путем замены ионов кальция на ионы натрия. Повышение концентрации соли в растворе приводит к большей степени различия коэффициентов массоотдачи. Таким образом, ионообменный процесс эффективно использовать и для подготовки теплоносителя при подаче тепла потребителю.

### **Список использованных источников**

1. Шеина, Е. И. Анализ схемных решений систем централизованного теплоснабжения / Е. И. Шеина // Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. – Воронеж, 2019. – С. 47–49.

2. Иванова, Т. П. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы на системах водоснабжения и канализации в чрезвычайных ситуациях / Т. П. Иванова, В. П. Полуянов, А. М. Юрьев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2008. – № 3. – С. 98–109.

3. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Москва : Издательство Альянс, 2007.

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМАМ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛАРУСИ**

*Андреюк<sup>1</sup> С. В., Крук<sup>2</sup> А. С.*

*<sup>1</sup> К.т.н., доцент, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения  
и охраны водных ресурсов, УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, svandreuyuk@g.bstu.by*

*<sup>2</sup> Студент УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, krukaleksandra.ss@gmail.com*

### **Введение**

В Беларуси централизованное водоснабжение городов, городских и сельских поселков, а также промышленных предприятий базируется на использовании пресных подземных вод, приуроченных к водоносным горизонтам и комплексам четвертичных и дочетвертичных отложений зоны активного водообмена, и осуществляется посредством эксплуатации групповых водозаборов с утвержденными эксплуатационными запасами. Подземные воды являются основным источником централизованного водоснабжения населения Республики Беларусь. Так, прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в целом по стране оцениваются в 49,596 млн м<sup>3</sup>/сут. Потенциальные возможности использования

подземных вод характеризуются их естественными ресурсами, которые составляют 43,56 млн м<sup>3</sup>/сут. Самые большие естественные ресурсы – в Минской и Витебской областях, самые малые – в Брестской области [1].

### **Эксплуатация подземных вод и их качество в районах действующих водозаборов, в естественных и слабонарушенных условиях**

За период 2017–2022 гг. объем забора воды из окружающей среды вырос на 0,82 %. При этом наблюдается снижение забора из подземных источников на 1,73 % и рост забора из поверхностных объектов – на 4,42 %. Процент распределения и использования забранной воды сохраняется на уровне 89–90 %. Общий водоотбор пресных подземных вод из скважин составил 2,3 млн м<sup>3</sup>/сут. Степень использования разведанных эксплуатационных запасов подземных вод в целом по Республике Беларусь составляет 22 %. Показатель обеспеченности водными ресурсами в стране (по среднемноголетнему общему годовому речному стоку) составляет 6,1 тыс. куб. м воды в год на душу населения и находится на уровне средневропейского значения. Это значительно выше, чем в некоторых сопредельных странах (Польша и Украина) [2].

Качество подземных вод по основным макрокомпонентам в большинстве проб, отобранных в 2022 году, соответствовало установленным требованиям. Исключениями являются *водородный показатель, окисляемость перманганатная* и *железо общее*, в отношении которых наблюдаются превышения ПДК. Повышенное содержание железа в подземных водах объясняется природными гидрогеологическими условиями (далее – г/г условия). Превышений ПДК по содержанию аммоний-иона, сульфат-ионов, нитрит-ионов, хлорид-ионов в подземных водах на г/г постах в 2022 году не зафиксировано. По состоянию на 1 января 2023 года качество подземных вод эксплуатируемых комплексов и водоносных горизонтов на групповых водозаборах населенных пунктов страны в основном соответствует Санитарным правилам и нормам СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [1, 2].

Однако наблюдается повышенное содержание некоторых химических элементов, а также отклонение от нормативов органолептических свойств. Так, на водозаборах Гомельской области в большинстве эксплуатационных скважин зафиксировано превышение ПДК по содержанию *марганца, мутности и цветности*. На водозаборах Витебской области воды эксплуатационных скважин содержат превышение ПДК по *жесткости общей, мутности, марганцу*.

На настоящий момент в Республике Беларусь 1,5 миллиона человек пользуются нецентрализованными источниками водоснабжения, такими как шахтные колодцы. Основную часть этой группы составляет сельское население. Эти источники воды обеспечивают жителей сельских районов, но важно следить за их качеством и обеспечивать безопасность питьевой воды для всех граждан.

В результате выполненного анализа гидрохимических данных, полученных за 2022 год, установлено следующее: физико-химический состав подземных вод, опробованных за отчетный период на пунктах наблюдений НСМОС по определяемым компонентам, в основном соответствует установленным требованиям качества

вод. Исключение составили превышающие ПДК показатели органолептических свойств по *мутности, цветности, запаху*, а также показатели по *окисляемости перманганатной и окиси кремния*. Кроме того, в нескольких скважинах, оборудованных на грунтовые воды, выявлены несоответствия установленным нормативам *водородного показателя и нитрат-ионов*. Также следует отметить, что во всех скважинах присутствует превышение ПДК по *железу*. Такие показатели, не удовлетворяющие установленным нормам, формируются под влиянием как антропогенных (сельское хозяйство), так и природных (высокая проницаемость покровных отложений, присутствие фульво- и гуминовых веществ в почве, литологический состав водовмещающих пород, обильные выпадения атмосферных осадков) гидрогеологических факторов [2].

Данные по эксплуатации и анализ качества подземных вод в районах действующих водозаборов, а также в естественных и слабонарушенных условиях являются определяющими при разработке и реконструкции технологических схем водоподготовки с использованием методов физико-химической очистки [3].

### **Заключение**

Сохранение качества подземных вод действующих водозаборов, а также в естественных и слабонарушенных условиях для Беларуси является актуальной задачей. Наряду с реализацией мероприятий по улучшению экологического состояния (статуса) водных объектов Беларуси, включая мероприятия по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты, в том числе сокращение объемов сброса недостаточно очищенных сточных вод, актуальными в Республике Беларусь направлениями в области охраны и использования вод остаются:

- повышение эффективности очистки сточных вод на коммунальных очистных сооружениях за счет их реконструкции и модернизации;
- оценка запасов и химического состава пресных подземных вод;
- повышение эффективности водопользования за счет сокращения удельного водопотребления, непроизводительных потерь воды, а также внедрения усовершенствованных водоочистных и водосберегающих технологий.

На основе анализа качества подземных вод в естественных и слабонарушенных условиях были разработаны технологические схем водоподготовки для систем водоснабжения коллективного и индивидуального водопользования.

### **Список использованных источников**

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2022 год). – Минск: РУП «ЦНИИКИВР», 2022.– 149 с. – <https://cricuwr.by/static/files/ГВК%20за%202022.pdf>.

2. НСМОС: результаты наблюдений за год / Ежегодные обзоры // Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь – 2022. – URL: <https://www.nsmos.by/publikacii/2022>.

3. Андреев, С. В. Технологические схемы очистки и кондиционирования воды нецентрализованных систем питьевого водоснабжения / С. В. Андреев // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. – 2022. – № 1 (127). – С. 2–5. – DOI: 10.36773/1818-1112-2022-127-1.



# ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА РЕАГЕНТНУЮ ВОДОПОДГОТОВКУ

*Ануфриев<sup>1</sup> В. Н., Волкова<sup>2</sup> Г. А.*

*<sup>1</sup> К.т.н., доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение»  
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь  
vladimir.anufriev@bntu.by*

*<sup>2</sup> К.т.н., доцент кафедры «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, volga-brest@mail.ru*

## **Введение**

Состав поверхностных вод, в том числе водохранилищ, зависит от условий формирования (подготовка ложа, поступление взвешенных и влекомых наносов) и источников питания. Как правило, вода водохранилищ характеризуется значительным содержанием органических веществ, наличием планктона и повышенной минерализацией в придонных слоях. Массовое развитие, отмирание клеток фитопланктона в поверхностных источниках водоснабжения ухудшает качество воды, приводит к появлению интенсивного запаха, повышению мутности и цветности воды, увеличению концентрации органических веществ, способствует выносу водорослей с водой на водопроводные очистные сооружения и увеличению нагрузки взвешенных веществ на сооружения.

## **Влияние параметров воды поверхностных источников водоснабжения на реагентную водоподготовку**

Качество очищенной воды, подаваемой в систему питьевого водоснабжения, должно соответствовать показателям безопасности воды централизованных систем питьевого водоснабжения, установленным гигиеническим нормативом [1]. Методы реагентной обработки, в частности коагулирование, применяют, как правило, для очистки воды из поверхностных водоисточников. Для эффективной очистки воды на станциях водоподготовки проводят исследования по совершенствованию реагентной обработки (выбор коагулянтов и флокулянтов, определение их доз, порядок и место ввода в обрабатываемую воду) и по основным технологическим процессам и методам очистки воды, принятым на станциях.

В настоящее время для подготовки питьевой воды используют алюминий содержащие коагулянты: полиоксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ<sup>TM</sup>», коагулянт для очистки воды ПОЛВАК марки 68, гидроксихлорид алюминия – «Pro-AQUA» марки «Pro-AQUA SB», полиалюминий гидроклорид марки «БОПАК-Е» и др. Эти реагенты требуют меньших доз, при этом не изменяют рН обрабатываемой воды, хорошо срабатывают при низких температурах воды (от 0°С до – минус 4°С), образуют меньший объем осадка, который легко обезвоживается. Использование флокулянтов позволяет снизить дозы коагулянтов, уменьшить продолжительность процесса коагулирования, повысить скорость осаждения образующихся хлопьев. В качестве флокулянтов используют высокомолекулярные органические и минеральные соединения, хорошо растворимые в воде.

На процесс коагуляции примесей воды оказывают влияние следующие факторы: количество взвешенных и коллоидных веществ, степень их дисперсности; концентрация растворенных органических соединений; концентрация ионов  $H^+$  в воде; щелочность воды; анионный состав воды; температура воды; активная реакция воды; доза коагулянта и доза флокулянта; условия перемешивания и быстрота смешения воды с реагентами; содержание в воде естественных взвесей [2].

Показатели качества (мутность, цветность, перманганатная окисляемость, рН, запах, привкус, общая минерализация, щелочность, солевой состав, биомасса фитопланктона и др.) поверхностной воды, поступающей на станцию водоподготовки, изменяются в зависимости от сезонов года. При этом зависимости между содержанием примесей в исходной воде и в очищенной воде имеют не линейный характер. Также установлено существенное влияние гидрологического режима водоема на содержание примесей в исходной воде из поверхностного источника. В связи с этим расчетные дозы реагентов устанавливаются на основании инженерных изысканий для различных периодов года и корректируются в период наладки и эксплуатации сооружений согласно строительным нормам [3].

На основании анализа параметров воды поверхностных источников водоснабжения, осветленной воды после горизонтальных отстойников и очищенной воды была исследована кинетика изменения показателей мутности, цветности, перманганатной окисляемости и количества клеток фитопланктона по сезонам года. В холодное время года в декабре – апреле 2020 г. мутность поверхностной исходной воды составляла 0,69–1,64 мг/дм<sup>3</sup>, происходит снижение показателя мутности в очищенной воде до 0,44–0,62 мг/дм<sup>3</sup>, что не превышает норматива, равного 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Эффект очистки составил 62 %. При этом за период с января до середины февраля обработка поверхностной воды коагулянтами не производилась. В остальное время производилась обработка воды алюминий-содержащими коагулянтами дозой от 3,0 до 5,5 мг/дм<sup>3</sup>. За период июнь – октябрь при максимальной мутности исходной воды, равной 2,32–4,43 мг/дм<sup>3</sup>, происходит снижение показателя до 0,34–0,63 мг/дм<sup>3</sup> в очищенной воде (эффект очистки – 86 %).

Цветность поверхностной воды колеблется в течение года от 15,5 до 17,8 градусов. При этом максимальные значения в очищенной воде наблюдались в холодный период года и составили до 11–12 градусов, а эффект очистки по значению цветности – порядка 33 %. Для сравнения, эффект по этапам очистки за период январь–март 2018 г. при максимальных значениях показателя цветности, равных 25–30 градусов, составил 57 %; в 2019 г. за период январь – апрель при максимальной цветности 18–19 градусов – 32 %.

Таким образом, прослеживается закономерность: эффект снижения по значениям показателя цветности ниже, чем по значениям показателя мутности. При низких температурах в зимнее время очистка воды солями алюминия протекает неудовлетворительно: процессы хлопьеобразования и осаждения замедляются, хлопья образуются очень мелкие, осаждаются неравномерно, в результате в воде остается большое количество мелких хлопьев, поступающих на фильтр, в очищенной воде может появляться некоторое количество остаточного алюминия. Это объясняется изменением вязкости воды. Вязкость

воды при 1°С примерно в два раза больше, чем при 30°С. Во столько же раз замедляется и скорость осаждения взвешенных в ней частиц [2].

Максимальные значения перманганатной окисляемости исходной воды фиксировались в период июнь – июль и составили 6,55–8,05 мг/дм<sup>3</sup>. Значение перманганатной окисляемости в очищенной воде поддерживалось в пределах от 3,75 до 4,20 мг/дм<sup>3</sup> и происходило снижение этого показателя до 50 %. В этот же период (июнь – июль) количество клеток фитопланктона в исходной воде возрастает с 3820 кл/см<sup>3</sup> в июне до 20142 кл/см<sup>3</sup> в июле, что характеризует первую «волну» размножения водорослей под воздействием температуры воды и содержания биогенных веществ. Эффект очистки воды составил 90 % при снижении количества клеток фитопланктона в очищенной воде до 331,0–5610,0 кл/см<sup>3</sup>.

В течение августа – ноября проходит вторая «волна» роста и интенсивности размножения водорослей, с максимумом в октябре с количеством клеток фитопланктона в исходной воде 110705 кл/см<sup>3</sup>. При этом с августа по ноябрь удаление биомассы фитопланктона относительно стабильно производилось с эффектом 99 %, со снижением в очищенной воде количества клеток фитопланктона до 132,0–1529,0 кл/см<sup>3</sup>.

В процессе работы сооружений водоподготовки выделяют весенний период, когда повышается температура исходной воды? и наступают условия, благоприятные для размножения фитопланктона, и, как следствие, увеличиваются перманганатная окисляемость и мутность, которые сильно влияют на эффективность очистки воды. Дозы коагулянтов также зависят от биомассы фитопланктона и перманганатной окисляемости воды. В холодное время года (декабрь – апрель) замедляется развитие фитопланктона, снижается перманганатная окисляемость и мутность исходной поверхностной воды в источнике водоснабжения, соответственно снижаются и дозы коагулянтов.

### **Заключение**

Взаимное влияние всех факторов, влияющих на процесс коагулирования, невозможно точно рассчитать, поэтому для достижения эффективного управления процесса водоподготовки требуется постоянный мониторинг показателей качества воды по этапам очистки.

Режим дозирования коагулянта выбирается с учетом совокупности полученных данных. Периодическая подача коагулянта целесообразна в холодный период года при температуре обрабатываемой воды ориентировочно менее 8°С, когда снижается мутность поверхностной исходной воды, но сохраняются более высокие значения показателей цветности, перманганатной окисляемости, количества клеток и биомассы фитопланктона. Также следует учитывать результаты пробного коагулирования воды, по результатам которого на данный момент времени устанавливается целесообразность постоянной или периодической подачи коагулянта.

### **Список использованных источников**

1. Показатели безопасности питьевой воды (гигиенический норматив): утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37.

2. Драгинский, В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. – Москва : Наука, 2005. – 576 с.
3. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (СН 4.01.01-2019) Строительные нормы Республики Беларусь : Минск, 2020. – 68 с.

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ПОДПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И БЕРЕГОВ ВОДОЕМОВ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Артемчик<sup>1</sup> А. А., Левкевич<sup>2</sup> В. Е.*

<sup>1</sup> *М.т.н., ассистент кафедры водоснабжение и водоотведение БНТУ  
Минск, Беларусь, artemchik.aliaksandr@gmail.com*

<sup>2</sup> *Д.т.н., профессор, профессор кафедры водоснабжение и водоотведение БНТУ  
Минск, Беларусь, v.lev2014@mail.ru*

### **Введение**

На территории Республики Беларусь расположено около 155 водохранилищ с полным объемом более 1 млн м<sup>3</sup> каждое, общей площадью зеркала более 834 км<sup>2</sup>, полным объемом – более 3,1 км<sup>3</sup>, полезным – более 1,27 км<sup>3</sup>.

Общая длина укрепленных берегов и берегоукрепительных сооружений на водохранилищах Беларуси составляет около 250 км. Длина поврежденных и разрушенных берегоукрепительных конструкций и сооружений оценивается в пределах 120 км, что составляет около 50 % протяженности всех креплений на водохранилищах.

В общем случае выбор типа защиты откоса от разрушения должен основываться на соблюдении баланса между экономичностью и эффективностью строительства и эксплуатации, а также надежностью и долговечностью при наименьших эксплуатационных затратах, простотой возведения и возможностью проведения ремонтно-восстановительных работ.

### **Факторы и условия, влияющие на устойчивость откосов и берегов**

Степень эрозии в основном зависит от преобладающего направления ветра (ветро-волнового режима), ориентации к нему плотины и берегов, крутизны откосов и берегов, колебаний уровня воды, геологических и гидрогеологических, ледовых явлений, активности водного транспорта и других факторов.

### **Анализ существующих способов креплений откосов подпорных сооружений и берегозащиты**

Проведя сравнительный анализ традиционных и инновационных способов защиты откосов подпорных сооружений и берегов на основе натурных стационарных наблюдений и экспедиционных обследований, а также литературных источников, было выделено несколько основных групп.

1. По характеру взаимодействия с водным потоком берегоукрепительные сооружения подразделяются на *активные*, использующие энергию потока для намыва и сохранения береговых наносов (буны, шпоры, волнорезы (молы, волноломы) и т. д.), и *пассивные*, противостоящие водному потоку за счет прочности своей конструкции и лишь защищающие береговой откос от размыва (бетонные и железобетонные плиты, каменная наброска и др.).

Активные берегоукрепительные сооружения практически не используются в Беларуси ввиду малых плановых размеров водоемов. Такие сооружения применены лишь на водохранилищах: Заславское, Вилейское, Погост, Солигорское и некоторых др.

2. Второе условное принятое нами деление всех креплений на проницаемые или непроницаемые типы. По нашему мнению, проницаемость крепления является ключевой характеристикой, которая в свою очередь прямо влияет на устойчивость сооружения.

3. Немаловажным критерием при классификации является гибкость (полностью отсутствующая или малая) тела крепления и его деформируемость.

Практика эксплуатации креплений показала, что жесткие железобетонные конструкции не решают проблему эффективной защиты берегов, в худшем положении оказываются именно те участки побережья водных объектов, где проводилось активное берегоукрепление с применением железобетона. Причина этого состоит в том, что внедрение жестких конструкций в береговую зону приводит к существенной перестройке всей системы взаимосвязей и взаимозависимостей гидро- и литодинамических процессов.

Критериям проницаемости и гибкости соответствуют: каменные наброски и каменные наброски, покрытые полиуретановыми составами; матрацнотюфячные габионы; гибкие бетонные покрытия (ГБП); геоматы, геомембраны и георешетки в сочетании с креплениями из каменной наброски, залужения и т. д.; другие набросные и насыпные крепления (тетраподы, отсыпки из отработанных железобетонных конструкций и т. д.); инженерно-биологические способы защиты.

На основании вышесказанного было выполнено упрощенное и укрупненное макромоделирование, которое представляло из себя гибкие бетонные маты (ГБМ) из квадратных блоков, соединенных двумя разными способами, а также треугольных и шестиугольных блоков. Визуализация принципиальной работы гибких креплений из элементов шестиугольной формы показана ниже на рисунке.

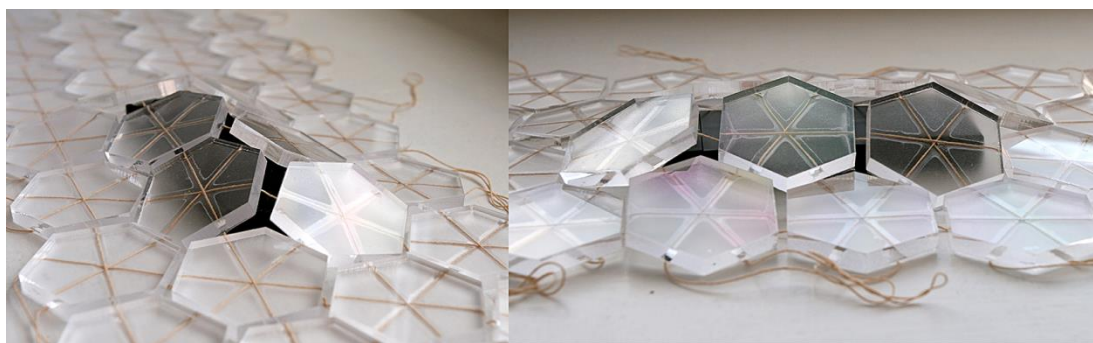


Рисунок – Крепление из шестиугольных блоков

Моделирование подтвердило и показало, что «классические» ГБМ из квадратных блоков не могут полностью покрыть изгибы защищаемой поверхности, а связи блоков по углам не дали никакого преимущества, а наоборот повлияли на жесткость конструкции в худшую сторону. Треугольные блоки не показали своей эффективности ввиду «расхлябанности» конструкции, это связано со способом их соединения между собой (середины сторон) и количеством связей (трех). Самым эффективным типом, как и ожидалось, стали шестиугольные блоки, они обладают лучшей покрывной способностью, чем привычные квадратные блоки, это связано как с их «уплотненной» формой, так и количеством связей, т. е. такие блоки более эффективны на полигональных поверхностях, которыми берега водоемов и являются. Это и подтвердили публикации о ряде объектов с применением ГБМ из шестиугольных блоков в Канаде.

Хоть ГБМ нельзя назвать инновационным типом крепления, однако на данный момент нет простой и удобной методики расчета для определения устойчивости такого покрытия, а влиянием гидрогеологического режима основания в принципе пренебрегают, равно как и устойчивостью такого крепления на откосе, если традиционный обратный фильтр в виде слоев из каменной наброски заменяется на геосинтетические материалы.

### **Заключение**

Выделены основные факторы и условия, влияющие на абразию берегов водохранилищ и крупных естественных водоемов в условиях Республики Беларусь.

Проведен анализ традиционных способов крепления берегов и откосов, применяемых в Беларуси, а также инновационных, выявлены перспективные способы крепления.

На основе физического имитационного моделирования определена наиболее эффективная конструкция гибкого крепления откосов подпорных сооружений и берегов в условиях Беларуси.

## **ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

*Асаулов Р. В.*

*Магистр, ассистент кафедры природообустройства УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь, roma\_valerievich\_00@mail.ru*

Охрана окружающей среды является одним из важнейших аспектов современного общественного развития. Мелиоративные системы, которые представляют собой комплекс инженерно-технических сооружений и мероприятий для улучшения плодородия почв, играют важную роль для сельскохозяйственного сектора. Однако при функционировании мелиоративных систем возникает ряд проблем, связанных с воздействием на прилегающие земли и окружающую среду.

При проектировании мелиоративных систем и сооружений необходимо соблюдать следующие требования [1]: размещать мелиоративные системы и сооружения с учетом экологической значимости природных объектов осваиваемого района; повторно использовать сбросные и дренажные воды; создавать специальные инженерные сооружения и проводить необходимые мероприятия (водоочистные, противозерозионные, лесозащитные, рыбозащитные, переходы для животных через каналы) с учетом технологии сельскохозяйственного производства; сводить к минимуму возможные негативные воздействия мелиоративной системы на природную среду.

В работе [2] рассмотрены основные негативные воздействия мелиоративных систем на окружающую среду, однако не описаны методы борьбы с данными воздействиями.

Для того чтобы минимизировать негативное влияние мелиорации на окружающую среду, необходимо проводить природоохранные мероприятия. В первую очередь, важно проектировать мелиоративные системы с учетом сохранения биоразнообразия и природных ландшафтов. Это может включать в себя создание природоохранных коридоров, оставление неразработанных участков земли для флоры и фауны, а также применение экологически чистых материалов при строительстве.

Другим важным аспектом является контроль за загрязнением водоемов, которые могут быть затронуты деятельностью мелиорации. Сброс химических удобрений, пестицидов и других вредных веществ в водоемы может привести к разрушению экосистем и угрозе здоровью людей. Поэтому необходимо строго контролировать использование химикатов на мелиорируемых землях и обеспечивать адекватную очистку сточных вод перед их сбросом в водные источники.

Эрозионные процессы выступают одной из серьезнейших проблем для сельского хозяйства и окружающей среды. Для защиты почв от эрозии на мелиоративных системах необходимо применять целый комплекс мероприятий. Одним из ключевых методов является создание и поддержание растительного покрова, или же полезащитных лесополос. Это поможет защитить почву от ветра, а также от размыва, за счет корневой системы растений. Другим важным методом защиты почв от эрозии является создание водоотводных систем. Это могут быть нагорные каналы, валы и каналы для рассредоточения концентрированных потоков воды. Также необходимо учитывать особенности климата и рельефа мелиоративных систем при разработке мер по защите почв от эрозии.

Не менее важным элементом природоохранной деятельности на землях мелиоративных систем служит регулярное проведение мониторинга состояния природной среды, который позволит своевременно выявить негативные последствия и принять меры по их устранению. Для этого необходимо привлекать специалистов по экологии и биологии, проводить анализ воздуха, почвы и воды, а также оценивать состояние флоры и фауны.

Таким образом, природоохранные мероприятия на мелиорируемых землях играют важную роль в поддержании экологического баланса и сохранении природных ресурсов. Правильное планирование и осуществление мелиорации

с учетом природоохранных аспектов помогут обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства и сохранение окружающей среды для будущих поколений.

### **Список использованных источников**

1. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования = Меліярацыйныя сістэмы і збудаванні. Нормы праектавання : ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 01.11.2005. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 105 с.

2. Асаулов, Р. В. Современные экологические проблемы, связанные с мелиорацией земель / Р. В. Асаулов // Перспективные направления инновационного развития и подготовки кадров : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Брестский государственный университет, г. Брест, 14-15 декабря 2022 г. ; редкол.: В. В. Зазерская [и др.] – Брест : Издательство БрГТУ. – Ч. 1. – 2022. – С. 100–107.

## **ПОЛИГОНЫ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

***Волчек<sup>1</sup> А. А., Безручко<sup>2</sup> А. В.***

*<sup>1</sup> Д.г.н., профессор, профессор кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, volchak@tut.by*

*<sup>2</sup> Аспирант, начальник отдела контроля за охраной и использованием  
атмосферного воздуха и водных ресурсов Брестского областного комитета  
природных ресурсов и охраны окружающей среды  
Брест, Беларусь, alena-bezruchko@yandex.by*

### **Введение**

Полигоны твердых коммунальных отходов (полигоны ТКО) – это инженерные сооружения, призванные обеспечивать защиту от загрязнения компоненты окружающей среды, на которых захораниваются отходы. Целью настоящей работы является изучение протекающих процессов в теле полигона и влияние на компоненты окружающей среды.

### **Материалы и методы исследования**

Анализ выполнен по данным лабораторией ГУ «РЦАК» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, информации предоставленной Брестским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды, мирового опыта по данной теме.



## Результаты и их обсуждение

Способ захоронения отходов на полигонах ТКО является наиболее распространенным, а для Беларуси – оптимальным [1]. Согласно данным ГУ «РЦАК» в районе размещения каждого четвертого полигона ТКО в подземных водах наблюдается концентрации загрязняющих веществ, превышающие фоновые значения в 10 и более раз. Наиболее распространенные загрязняющие вещества – соединения азота, нефтепродукты, а также тяжелые металлы, в особенности свинец и кадмий. Около 30 % полигонов заполнены на 90 % и более и в ближайшие годы исчерпают свой ресурс. Однако темпы строительства новых полигонов и проводимые мероприятия по их модернизации не обеспечивают безопасного захоронения отходов.

В настоящее время на территории Брестской области 27 полигонов ТКО. Размещаемые на полигоне ТКО отходы взаимодействуют с воздухом и атмосферными осадками, в результате чего полигон функционирует как своеобразный биореактор, в котором интенсивно протекают биохимические и химические процессы. При этом в верхних слоях складированных отходов их деструкция протекает в аэробной среде, а с глубины 2,5–3,0 м – в анаэробных условиях. Биохимические процессы возможны благодаря наличию в ТКО органических фракций – бумаги, картона, пищевых отходов, древесины, текстиля и т. п. В составе коммунальных отходов удельный вес органической компоненты составляет от 56 % в развитых странах до 62 % – в развивающихся [2]. По данным Минжилкомхоза в Беларуси их доля составляет около 60 %.

Отходы, захороненные на полигонах, разнородны по составу, классам опасности, физико-химическим и биохимическим свойствам. Под воздействием атмосферы, воды, грунтов, взаимодействуя друг с другом, они претерпевают сложные изменения. Основные процессы, протекающие в теле полигона, – это физические, химические и биохимические, которые накладываются друг на друга, суммируются, подавляются, видоизменяются [3].

В первоначальный момент захоронения отходов на полигонах преобладают физические процессы: уплотнение, сжатие, уменьшение размера частиц, адсорбция, ионный обмен и др. Увеличение плотности и уменьшение размера частиц способствуют адсорбции воды, повышению влажности отходов, что ускоряет их разложение [3].

Спустя время начинают преобладать химические и биохимические процессы, но при этом не затухают и физические. Среди химических процессов преобладают окислительно-восстановительные и фотохимические реакции, происходит гидролиз и деполимеризация, зависящие от содержания кислорода в теле полигона, величины рН и других параметров. В толще полигона формируется техногенный водоносный горизонт, основу баланса которого составляют инфильтрационные воды, питающиеся за счет атмосферных осадков. Инфильтрация – ведущий фактор, влияющий на интенсивность протекания химико-биологических процессов и определяющий количество образующегося фильтрата и биогаза. Фильтрат и биогаз образуются в анаэробной зоне полигона за счет протекания процессов деполимеризации, сбраживания, гумификации

органического вещества и других процессов. В итоге получается раствор с минерализацией до нескольких десятков г/дм<sup>3</sup>, содержанием ионов аммония и хлора, других макрокомпонентов до нескольких граммов на 1 л, высокими концентрациями тяжелых металлов (цинка, свинца, никеля, хрома, кадмия и др.) и органических соединений [3].

На дальнейшей стадии разложения отходов все большую значимость приобретают химические и биохимические процессы, но при этом не затухают и физические. Среди химических процессов преобладают окислительно-восстановительные и фотохимические реакции, происходит гидролиз и деполимеризация, зависящие от содержания кислорода в теле полигона, величины рН и других параметров [3].

Биохимические процессы возможны благодаря наличию в ТКО органосодержащих отходов. Скорость и полноту разрушения органики, формирование состава и расход биогаза, качество фильтрата определяют в основном биохимические процессы, протекающие в аэробных и анаэробных условиях. Оба процесса – аэробный и анаэробный – приводят к разложению органической части ТКО, образованию СО<sub>2</sub>, биомассы и выделению тепла. Различие между ними заключается в том, что при аэробном процессе тепла выделяется на порядок больше, но не образуется метан, а при анаэробном процессе тепла выделяется меньше, но образуется метан [3].

### **Заключение**

Захоронение отходов всегда сопровождается долговременными эмиссиями загрязняющих веществ, поэтому полигоны ТКО являются источником повышенной опасности загрязнения окружающей среды и несут потенциальную угрозу вредного воздействия на здоровье человека.

В результате протекающих в теле полигона ТКО процессов образуются вещества, содержащиеся в жидком фильтрате и газообразных выделениях (биогаз). Фильтрат и биогаз ученые относят к основным факторам риска от полигонов ТКО.

Таким образом, все многообразие химических соединений, образующихся на полигонах ТКО, оказывает влияние на все компоненты природной среды: почвы и атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, растительность.

### **Список использованных источников**

1. Экологические аспекты захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах / Д. М. Ерошина, В. В. Ходин, В. С. Зубрицкий, А. Л. Демидов. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2010. – 152 с.
2. Гурвич, В. И. Свалочный газ: перспективы добычи и утилизации / В. И. Гурвич, А. Б. Лифшиц // Твердые бытовые отходы. – 2006. – № 8. – С. 4–9.
3. Лысухо, Н. А. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду: монография / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 210 с.
4. Мелкумов, Ю. А. Управление твердыми бытовыми отходами в Московской области / Ю. А. Мелкумов // Экология и промышленность России. – 1999. – № 4. – С. 28–30.

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

*Волчек<sup>1</sup> А. А., Городнюк<sup>2</sup> Ю. П.*

*<sup>1</sup> Д.с.н., профессор, профессор кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, volchak@tut.by*

*<sup>2</sup> Магистр, ассистент кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, juliagirodniuk99@gmail.com*

Одним из основных направлений развития экономики Брестской области является сельское хозяйство. Этому способствует ее географическое положение, климатические особенности, а также крупномасштабные мелиорации, проводимые во второй половине прошлого столетия. Современные климатические колебания оказывают существенное влияние на возделывание сельскохозяйственных культур. Особенно это сказывается на озимых культурах, так как основные климатические изменения в большей степени коснулись зимних температур. Поэтому данный факт необходимо учитывать при выращивании озимых культур для обеспечения стабильных высоких урожаев.

Целью данного исследования является оценка влияния температуры воздуха, почв, осадков на урожайность озимых зерновых культур, выращиваемых в Брестской области.

Исследование основано на многолетних данных урожайности озимой ржи по районам Брестской области, среднемесячных температурах воздуха, осадках по метеостанциям Пружаны, Брест, Ивацевичи, Пинск, Ганцевичи за период с 1995 по 2023 гг. Для описания многолетних колебаний урожайности использованы следующие статистические модели: последовательность независимых случайных величин, простая и сложная цепь Маркова. Детально методика исследования описана в работе [1].

При проведении регрессионного анализа вегетационный период для озимой ржи – сентябрь – декабрь предыдущего года и январь – июль текущего.

Факторы, влияющие на урожайность озимых, можно условно разделить на две группы: к первой группе относятся плодородие почв, уровень агротехники, сорта культур, антропогенные нагрузки и т. д.; ко второй – климатические условия. Тогда урожайность можно представить как

$$Y(t) = Y_{\phi}(t) \pm \Delta Y(t), \quad (1)$$

где  $Y(t)$  – планируемая урожайность в расчетном календарном году, ц/га;  $Y_{\phi}(t)$  – фоновая урожайность в том же году;  $\pm \Delta Y$  – отклонение фактической урожайности от фоновой, ц/га.

Влияние технологических факторов, таких как плодородие почв, уровень агротехники, сорта культур, антропогенные нагрузки с достаточной для практики точностью можно описать многочленом второй степени:

$$Y_{\phi}(t) = a \cdot t^2 + b \cdot t + c, \quad (2)$$

где  $t$  – календарный год, ц/га;  $a, b, c$  – эмпирические коэффициенты.

Уравнение (2) описывает фоновую урожайность, а разность между фактической урожайностью и фоновой составит отклонения, которые определяются, в основном, погодными условиями.

Динамика погодной составляющей урожайности  $\pm \Delta Y(t)$  может быть представлена в виде аддитивной функции:

$$\Delta Y(t) = u(t) \pm \eta(t), \quad (3)$$

где  $u(t)$  – детерминированная функция,  $\eta(t)$  – случайная составляющая.

Анализ взаимосвязи урожайности и климатических параметров проводился в два этапа. На первом этапе находились отклонения фактической урожайности от фоновой. На втором – анализ полученных временных рядов и агроклиматических показателей.

В таблице 1 приведены статистические значения фактической урожайности [2].

Максимум озимых зерновых с 1 га было собрано в Брестском и Пружанском районе (22,1 ц/га), меньше всего урожайность составила – в Ганцевичском районе (18,8 ц/га). Различие урожайности обусловлено плодородием почв.

*Таблица 1 – Статистические значения фактической урожайности*

Район	Средняя урожайность, ц/га	Стандартное отклонение, ц/га	C <sub>v</sub>	Коэффициенты регрессии уравнения (1)			R
				a	b	c	
Брестский	22,1	11,1	0,50	0,0006	-0,066	2,463	0,80
Ивацевичский	20,7	8,6	0,41	0,0002	-0,0299	1,48	0,84
Пинский	21,0	8,5	0,39	0,0003	-0,04	1,811	0,85
Пружанский	22,1	10,1	0,46	0,0004	-0,044	1,76	0,88
Ганцевичский	18,8	8,7	0,46	0,0004	-0,05	1,998	0,69

Проведенный регрессионный анализ позволил описать погодную составляющую урожайности озимой ржи полиномом первой степени. Результаты представлены в таблице 2.

*Таблица 2 – Уравнения детерминированной составляющей урожайности озимой ржи районов Брестской области*

Район	Уравнение
Брестский	$u = 0,016 \cdot \Delta P_{11} + 0,059 \cdot \Delta P_2 + 0,526 \cdot \Delta T_{B2} + 0,464 \cdot \Delta T_{П12}$
Пинский	$u = 0,038 \cdot \Delta P_2 + 0,318 \cdot \Delta T_{B2} + 0,162 \cdot \Delta T_{B12} + 0,464 \cdot \Delta T_{П12}$
Ганцевичский	$u = 0,045 \cdot \Delta P_{11} + 0,794 \cdot \Delta T_{B2} - 0,673 \cdot \Delta T_{П2} + 0,879 \cdot \Delta T_{П11}$
Ивацевичский	$u = 0,016 \cdot \Delta P_1 + 2,47 \cdot \Delta T_{B2} + 0,693 \cdot \Delta T_{B12} - 2,197 \cdot \Delta T_{П2}$
Пружанский	$u = 0,054 \cdot \Delta P_1 + 0,555 \cdot \Delta T_{B11} + 0,405 \cdot \Delta T_{П12}$

где  $\Delta T_a$ ;  $\Delta T_n$ ,  $\Delta P$  – отклонение от средней величины температуры воздуха, температуры почвы, атмосферных осадков; индекс – порядковый месяца.

Как видно из уравнений отклонения урожайности озимой ржи для выбранных районов Брестской области, наибольшее влияние оказывают холодные месяцы, когда определяются условия перезимовки. В более теплое время происходит образование генеративных органов и определяется полная спелость культуры. Полученные уравнения позволяют описать урожайность озимой ржи в указанных районах.

Урожайность озимых зерновых может колебаться по годам, основной причиной варьирования урожайности являются метеорологические условия. За последние тридцать лет в Брестской области характеризуется заметное увеличение среднемесячных температур, что сокращает оптимальный для сева период и уменьшает сроки вегетации зерновых культур. Безопасный способ возделывания сельскохозяйственных культур, соблюдение оптимальных сроков посевов.

### **Список использованных источников**

1. Логинов, В. Ф. Оценка влияния климатических факторов на динамику урожайности основных сельскохозяйственных культур в Брестской области / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек // Природные ресурсы, 2006. – № 3. – С. 5–22.

2. Волчек, А. А. Влияние изменения температур холодного периода на урожайность озимых зерновых в Беларуси / А. А. Волчек, Ю. П. Городнюк // Международная научно-практическая конференция, Хазарский университет, г. Баку, 5–6 декабря 2022 г. – Баку, 2023. – С. 209–212.

## ТЕНДЕНЦИИ В КОЛЕБАНИЯХ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ И СТРАН ЕВРОПЫ

*Волчек<sup>1</sup> А. А., Зубрицкая<sup>2</sup> Т. Е.*

<sup>1</sup> *Д.г.н., профессор, профессор кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, volchak@tut.by*

<sup>2</sup> *Старший преподаватель кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, zte0607@yandex.ru*

Важным аспектом динамики водопотребления является экологическая устойчивость и сохранение водных ресурсов. Вода является ценным ресурсом, и ее неэффективное использование может привести к истощению подземных водоносных слоев, загрязнению водоемов и угрозе для экосистем.

Многие страны работают над совершенствованием систем водоснабжения и водоотведения, внедрением технологий очистки воды. Активно принимают меры по сокращению потребления воды через образование и информационные кампании.

Таким образом, водопотребления является сложным и разнообразным процессом, который зависит от множества факторов и требует комплексного подхода для обеспечения устойчивого использования водных ресурсов.

Для выявления тенденций и изменений в использовании природных вод в качестве основного показателя водопотребления рассматривается общее водопотребление десяти стран Европы (Беларусь, Украина, Литва, Латвия, Польша, Германия, Словакия, Чехия, Франция, Бельгия) за 2022 год с подразделением на отдельные отрасли (промышленное, сельскохозяйственное и коммунально-бытовое).

Каждая из этих отраслей имеет свои особенности и потребности в водных ресурсах.

В коммунально-бытовом хозяйстве основное внимание уделяется обеспечению населения питьевой водой. Фактический расход воды зависит от различных факторов: степени санитарно-технического оборудования зданий, привычек людей, вида застройки, структуры местной промышленности и промысла, графика работы крупных предприятий, вида производства, количества смен, климатических условий, качества поставляемой воды, способа и размера взимания платы за воду. Потери воды происходят в основном из-за утечек и испарения. Наибольшее потребление пресной воды, в процентах от общего водозабора по стране, в коммунально-бытовом секторе наблюдается в Литве (53,8 %) и Словакии (52,8 %).

В промышленности наблюдается тенденция к внедрению замкнутых циклов водоснабжения, что позволяет значительно сократить общий объем водозабора. Вода используется повторно, и лишь небольшая часть теряется безвозвратно. Это помогает снизить нагрузку на водные ресурсы и повысить эффективность использования воды. Наибольшее количество пресной воды используемой

в промышленном секторе, в процентах от общего водозабора по стране, наблюдается в Бельгии (81,4 %) и Франции (67,7 %).

В сельском хозяйстве водопотребление часто превышает водозабор из-за высоких потерь, связанных с испарением и просачиванием. Это делает данную отрасль для ряда стран одну из самых крупных потребителей воды, что подчеркивает необходимость внедрения более эффективных методов орошения и управления водными ресурсами. Наибольшее количество пресной воды, используемой в отрасли сельского хозяйства, в процентах от общего водозабора по стране, наблюдается в Украине (31 %) и Латвии (31 %).

Качество воды также играет важную роль в каждом из этих секторов. Для питьевой воды и продукции пищевой отрасли предъявляются самые строгие требования к качеству. В то время как для промышленного использования допустимы менее жесткие стандарты, но все равно необходимо следить за тем, чтобы вода соответствовала необходимым нормам.

Нами приведена часть населения различных стран Европы, имеющая доступ к безопасным и надежным услугам водоснабжения, которая включает в себя различные аспекты:

- качество воды должно соответствовать стандартам безопасности и не содержать вредных загрязняющих веществ;
- доступность услуг водоснабжения должны быть для всех слоев населения, включая уязвимые группы;
- надежность системы водоснабжения должна обеспечивать постоянный доступ к воде.

Этот показатель важен для оценки уровня развития инфраструктуры и качества жизни в регионе, а также для планирования мероприятий по улучшению доступа к чистой воде. Доля населения Беларуси, пользующаяся безопасной питьевой водой, составляет в 2022 году – 93,1 %, в Польше – 89 %, в Украине – 88 %. Максимальный показатель (100 %) приходится на Францию, Бельгию и Германию.

Таким образом, эффективное управление водными ресурсами требует комплексного подхода, учитывающего специфику каждого сектора и направленного на снижение потерь и повышение качества используемой воды.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗМЫВА БЕРЕГОВ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ

**Волчек<sup>1</sup> А. А., Кухаревич<sup>2</sup> М. Ф., Парфомук<sup>3</sup> С. И.  
Сидак<sup>4</sup> С. В., Шешко<sup>5</sup> Н. Н., Шпендик<sup>6</sup> Н. Н.**

<sup>1</sup> Д.г.н., профессор, профессор кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, volchak@tut.by

<sup>2</sup> Магистр, ассистент кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, kukharevichmikhail@gmail.com

<sup>3</sup> К.т.н., доцент, заведующий кафедрой математики и информатики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, parfom@mail.ru

<sup>4</sup> Магистр, старший преподаватель кафедры математики и информатики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, harchik-sveta@mail.ru

<sup>5</sup> К.т.н., доцент, начальник научно-исследовательской части  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, optimum@tut.by

<sup>6</sup> К.г.н., доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, shpendik@tut.by

Река Западный Буг – трансграничная река в Восточной Европе. Среднегодовой расход воды на границе Украины и Беларуси составляет  $50 \text{ м}^3/\text{с}$ , при выходе за пределы Беларуси –  $100 \text{ м}^3/\text{с}$ . Ретроспективный анализ данных аэрофото съемки за период с 2004 по 2022 гг. показал, что значительные изменения береговой линии происходят со стороны правого (белорусского) берега из-за характера течения реки с юга на север и направления вектора силы Кориолиса со среднегодовой скоростью перемещения береговой линии –  $0,85 \text{ м}/\text{год}$ .

Основными факторами, которые приводят к смещению фарватера р. Западный Буг, выступают: абразия (размыв) берегов, прорыв меандров, многорукавность (образование отмелей и островов). Максимальное установленное смещение составило 470 м. В результате проведенных ранее исследований установлено 36 участков р. Западный Буг со значительным (более 100 м) смещением фарватера реки за 35-летний период (1981–2016 гг.). Выявлено 198 участков многорукавности и 93 участка абразии правого берега. При этом величина абразии правого берега на 255 участках составила  $3,665 \text{ км}^2$ . Естественные гидроморфологические изменения р. Западный Буг привели как к абразии правого берега (смещения русла вправо), так и к аккумуляции правого берега (смещения русла влево). Величина аккумуляции правого берега на 252 участках составила  $4,137 \text{ км}^2$ . Несмотря на то, что общий баланс абразии и аккумуляции правого берега положительный для Беларуси на всем трансграничном участке протекания р. Западный Буг (+47,2 га), следует отметить интенсивную превалирующую



абразию правого берега на «верхнем участке» р. Западный Буг от государственной границы «Беларусь – Украина» до н. п. Домачево, а также ряд отдельных участков с интенсивной абразией правого берега (более 3 га) на «среднем участке» от н. п. Домачево до г. Бреста и «нижнем участке» от г. Брест до н. п. Крынки.

Наиболее проблематичным является участок р. Западный Буг ниже г. Бреста, где существующая меандра может сомкнуться и в корне поменять фарватер реки. Средний многолетний расход воды в исследуемом створе составляет  $80,2 \text{ м}^3/\text{с}$ , а весеннего половодья 1 % обеспеченности –  $818 \text{ м}^3/\text{с}$ . В связи с происходящими процессами береговой эрозии на пограничном участке р. Западный Буг нами дано гидрологическое обоснование для проведения руслорегулирующих и берегоукрепительных мероприятий.

С этой целью создана цифровая модель рельефа местности водосбора и построена детальная модель русла, которая основана на использовании уравнений малой воды и Навье-Стокса. Выделены участки подверженные риску размыва.

Первоочередным этапом разработки программы явилось проектирование ее архитектуры, включая в себя определение структуры данных, выбор методов численного анализа и интеграцию с интерфейсом MIKE 3. На этапе реализации математической модели написаны алгоритмы, основанные на уравнениях малой воды. Используемые численные методы для решения дифференциальных уравнений обеспечивают стабильность и точность расчетов.

Интеграция программы с MIKE 3 потребовала взаимодействия с API и техническими спецификациями MIKE 3. Это включало в себя корректную передачу данных между программой и платформой MIKE 3, а также обеспечение соответствия стандартам и требованиям MIKE 3.

Тестирование программы проводилось на различных тестовых сценариях, включая различные гидродинамические условия и географические особенности. Далее программа подвергалась валидации и калибровке. Этот этап включал в себя сравнение результатов моделирования с реальными данными и регулировку параметров модели для достижения оптимального соответствия реальным условиям.

Для реализации программы выбран язык программирования, обеспечивающий эффективные вычисления и удобное взаимодействие с существующей средой MIKE 3. В результате выбора был сделан в пользу Python/C++, обеспечивающего гибкость и высокую производительность.

Для ускорения разработки и обеспечения стабильности программы использованы соответствующие библиотеки и фреймворки. Это включало в себя библиотеки для численных вычислений, обработки данных и взаимодействия с интерфейсом MIKE 3.

Программа разрабатывалась с учетом модульной архитектуры, позволяющей легкость в поддержке и дальнейшем расширении. Модули включали в себя основные вычислительные блоки, интерфейс взаимодействия с MIKE и компоненты для обработки входных и выходных данных.

Решение системы уравнений малой воды реализовано с использованием численных методов. Для успешной интеграции программы с MIKE осуществлялось

во взаимодействие с API. Это включало передачу данных о гидродинамической модели между программой и MIKE, а также управление процессами моделирования через интерфейс MIKE.

Настройка параметров модели осуществлялась на основе калибровочных данных в виде максимального расхода весеннего половодья 50 % расчетной обеспеченности и при отсутствии влияния планируемых к возведению оградительных дамб при следующих параметрах: среднегодовой сток р. Западный Буг – исследуемый створ – 80,2 м<sup>3</sup>/с, отметка во входном сечении 126,58 м БС, гидравлический уклон 0,122 ‰. Используя данные параметры модели, производилась настройка естественной шероховатости русла реки. В модели учитывалось влияние ускорения Кориолиса, а также неравномерность модельной сетки.

Расчеты проводились с применением серверного вычислительного оборудования БрГТУ и позволили построить картину пространственных временных закономерностей уровней свободной поверхности потока, а также поля скоростей. Общее пространственно-временное разрешение модели 371000 ячеек с 100–200 временными интервалами при 10–20 слоях вертикальной сетки. Таким образом, максимальное количество расчетных ячеек 1484 млн и соответственно тоже количество уравнений в системе. Настройка осуществлялась за счет корректировки параметров шероховатости русла, а также структуры и параметров расчетной сетки. Количество временных интервалов корректировалось с целью достижения установленного режима, как правило, стабилизация наблюдалась на 80–90 временном шаге.

По результатам анализа выделены участки подверженные риску размыва, а именно прибрежная/береговая зона по правому берегу в районе излучины как перед ней, так и после нее. Второй участок относится к пойменной зоне, затопление которой происходит в период весеннего половодья соответствующий максимальному сближению меандр русла. Определены расчетные скорости и участки, рекомендуемые к креплению. Так как полученные в результате моделирования скорости не превышают 2 м/с в русловой части рекомендуемым методом крепления является каменная наброска или каменное мощение. Для пойменной части вблизи двух меандр также необходимо предусмотреть крепление в виде каменной наброски с устройством сопрягающего сооружения для пропуска паводковых вод. Размеры сооружения и параметры крепления определить проектом исходя из фактических геологических условий, устойчивости к размыву и доступности применимых материалов.

# ОЦЕНКА СЕНСОРНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОДОСБОРОВ БАССЕЙНА Р. ЯСЕЛЬДЫ

*Волчек<sup>1</sup> А. А., Окоронко<sup>2</sup> И. В.*

*<sup>1</sup> Д.г.н., профессор, профессор кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, volchak@tut.by*

*<sup>2</sup> Старший преподаватель кафедры биологических и химических технологий  
УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»  
Брест, Беларусь  
okoronko2007@ya.ru*

## **Введение**

В результате интенсивного освоения территории Белорусского Полесья происходит усиление антропогенной нагрузки на окружающую природную среду, что приводит в некоторых случаях к ухудшению качественного состояния поверхностных вод. Цель исследований заключается в оценке сенсорности почвенного покрова элементарных водосборов бассейна р. Ясельды с использованием современных информационных технологий. Объект исследования – почвы элементарных водосборов бассейна р. Ясельды.

## **Материалы и методы**

Суть методики представляет собой определенную последовательность проведения следующих исследований.

*1. Выбор операционной типологической единицы рассмотрения (элементарный водосбор, бассейн малой реки и др.).* Посредством геоинформационного картирования было выделено восемь элементарных водосборов.

*2. Выявление основных факторов антропогенной нагрузки и оценка их количественных характеристик.* Оценка поступления биогенных элементов (азот и фосфор) проводилась на основании анализа ряда экспериментальных работ в соответствии с разработанной методикой на основании обработки полученной статистической информации по численности городского и сельского населения и показателям сельскохозяйственного производства (численность сельскохозяйственных животных, количество вносимых минеральных удобрений).

Для определения выноса биогенных элементов с территории элементарных водосборов использована методика, сущность которой заключается в определении сенсорности почвенного покрова к загрязняющим биогенным элементам (азот и фосфор).

*3. Картографирование выявленных природных и антропогенных факторов для выбранных типологических единиц рассмотрения.* Необходимый материал был получен путем обработки картографических и справочных материалов.

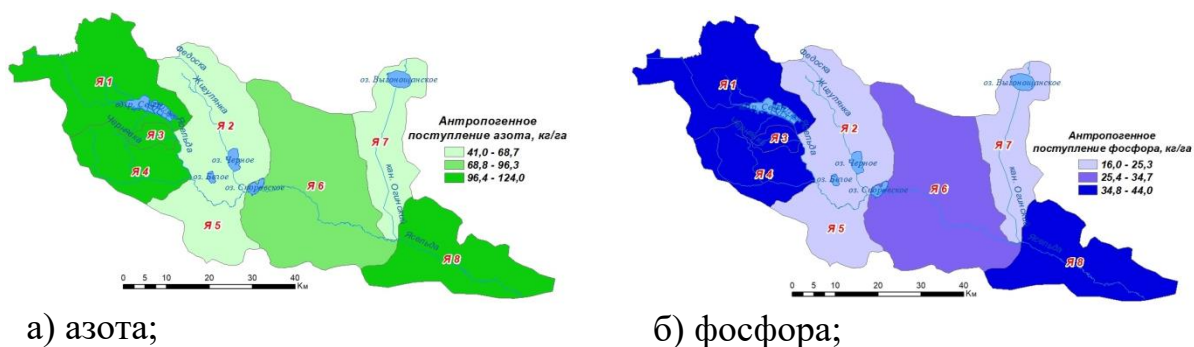
*4. Анализ полученных результатов исследования.*

## **Результаты и обсуждение**

Население водосбора Ясельды составляет 130,1 тыс. чел. (50,0 тыс. городское и 80,1 тыс. сельское). Население проживает в 350 населенных пунктах, из

которых три города районного подчинения (Береза, Белоозерск, Коссово), два поселка городского типа (Телеханы, Логишин), 45 агрогородков, 300 сельских населенных пунктов (297 деревень, 3 поселка). Исследуемый регион характеризуется невысокой степенью антропогенной освоенности территории. Средняя плотность населения составляет 22,9 чел/км. В границах бассейна расположено 52 предприятия агропромышленного комплекса и свыше 150 фермерских хозяйств.

Распределение биогенных элементов представлено на рисунке 1.



а) азота;

б) фосфора;

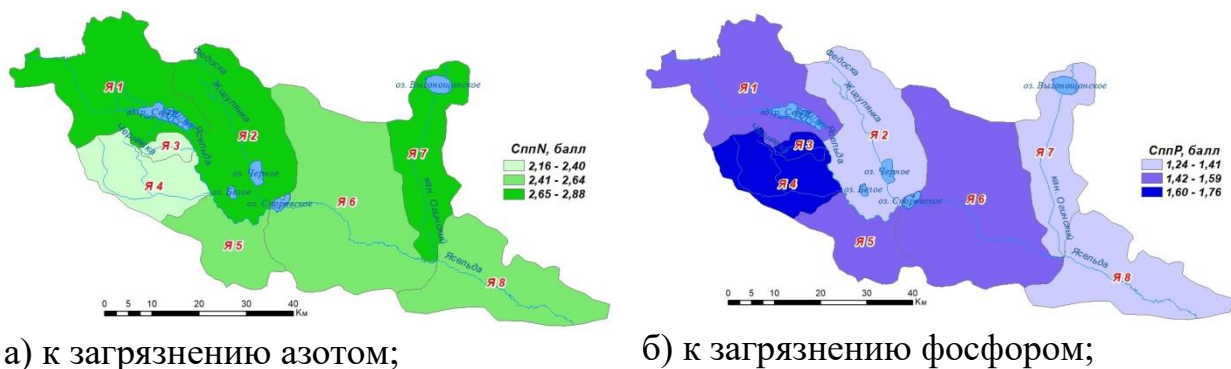
Рисунок 1 – Антропогенное поступление биогенных элементов в элементарные водосборы бассейна р. Ясельды

Наибольшее количество Нобщ. поступает в пределах водосборов Я3 (124,4 кг/га) и Я4 (122,0 кг/га), соответственно Робщ. – на водосборах Я1 (43,9 кг/га) и водосборе Я4 (41,8 кг/га). В границах бассейна р. Ясельды превышение по азоту не фиксируется, а по фосфору превышения фиксируются на элементарных водосборах Я1, Я3, Я4, Я6 и Я8.

Распределение показателей  $C_{np}$  представлены на рисунке 2.

Наименьший балл  $C_{npN}$  зафиксирован для водосборов Я3 и Я4. В данных водосборах наблюдается наибольший показатель по поступлению азота. Средними показателями  $C_{npN}$  характеризуются водосборы Я5, Я6 и Я8, при этом в водосборе Я8 фиксируются наибольшие показатели поступления азота. Наивысший балл  $C_{npN}$  выявлен для водосборов Я1, Я2 и Я7, среди которых водосбор Я1 характеризуется высокими, а водосборы Я2 и Я7 наименьшими показателями поступления азота.

Для элементарных водосборов Я2, Я7 и Я8 выявлены наименьший балл  $C_{npP}$ . При этом для водосбора Я8 характерен наибольший показатель поступления фосфора. Средние показатели  $C_{npP}$  зафиксированы для водосборов Я1, Я5, Я6, из которых водосбор Я1 характеризуется наибольшими показателями по поступаемому фосфору. Водосборы Я3 и Я4 имеют наибольший балл  $C_{npP}$ , однако для данных водосборов отмечен также и наибольший показатель по поступлению фосфора.



а) к загрязнению азотом;

б) к загрязнению фосфором;

Рисунок 2– Распределение показателей Spn бассейна р. Ясельды

## Заключение

Для исследуемой территории, с использованием бассейнового подхода, проведено гидрографическое районирование бассейна р. Ясельды, выделены восемь элементарных водосборов, оцифрован картографический материал, собраны статистические данные, создана база данных по различным физико-географическим, социально-экономическим и эколого-гидрографическим показателям.

С использованием разработанной методики дана количественная оценка поступления биогенных элементов (азота и фосфора) от антропогенных источников в пределах элементарных водосборов.

Выполнено зонирование исследованной территории по величине поступления биогенных элементов. Установлено, что для пяти элементарных водосборов наблюдается превышение допустимых норм по поступлению фосфора.

## ТВЕРДЫЙ СТОК РЕКИ ЯСЕЛЬДА И ЕГО ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

*Волчек<sup>1</sup> А. А., Розумец<sup>2</sup> И. Н.*

<sup>1</sup> Д.г.н., профессор, профессор кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, volchak@tut.by

<sup>2</sup> Магистр, аспирант  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, ivan.rozumets@bk.ru

## Введение

Формирование твердого стока происходит под действием различных природных и антропогенных факторов. Изучение речного стока проводится в целях гидротехнического проектирования, сельскохозяйственной деятельности, добычи нерудных строительных материалов, комплексного использования

и охраны водных ресурсов. Ясельда является типовой рекой Полесья. Соответственно, можно судить о всех малых реках Полесья.

**Цель:** Целью работы является анализ закономерностей внутригодовой изменчивости стока наносов реки Ясельда для дальнейшего использования в строительстве, сельском хозяйстве.

#### **Методы исследования и исходные данные**

Для исследования внутригодовой изменчивости стока наносов использованы многолетние данные расходов воды, расходов наносов, мутности, государственного водного кадастра ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за период 1971–2021 гг. Методологической основой исследований являются научные положения о стохастической природе изменчивости колебаний речных наносов, что позволило использовать современные статистические методы анализа временных рядов [1].

#### **Результаты и обсуждение**

Распределение наносов по ширине реки носит сложный характер, который зависит от направления течения, местных изменений русла и берегов, а также от притоков, которые могут вносить дополнительное количество наносов [2].

Особенностью водного режима реки является растянутое весеннее половодье, кратковременная летняя межень, которая нарушается дождевыми паводками, и почти ежегодными подъемами уровня воды в осенний период.

Анализ внутригодового распределения стока наносов р. Ясельда в створе д. Сенин по месяцам показал, что на весенний период приходится 42 % от годового стока, зимний сток наносов составляет 20 % годового, а на летне-осенний приходится 38 % годового стока наносов.

Для р. Ясельда характерно наступление пика расхода воды раньше пика расхода наносов (рисунок). Уменьшение расходов воды не ведет к такому же быстрому уменьшению расхода наносов. Расход наносов уменьшается заметно медленнее. Наименьшее значение расхода наносов наблюдается в сентябре – ноябре, а расхода воды приходится на июль – август. Такая закономерность объясняется тремя причинами. Это вызвано тем, что время добегания волны паводка до рассматриваемого створа реки отличается от времени добегания расхода взвешенных наносов. Эта разница увеличивается при движении вниз по течению, что приводит к формированию паводочной волны. Кроме того, это связано с высокой эрозионной способностью почв в ходе продолжительного весеннего половодья, а также в сезонных колебаниях выпадения осадков и поступлении взвешенных частиц в речную систему.

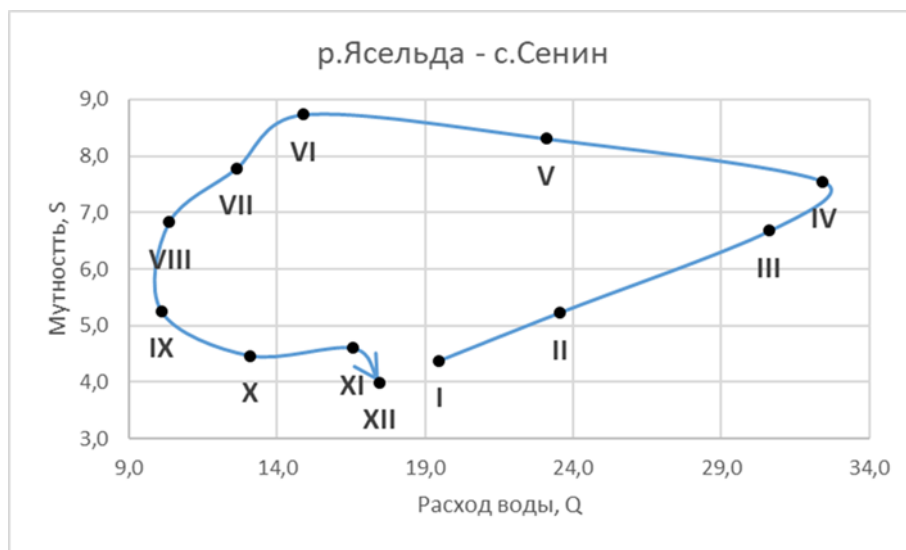


Рисунок – Зависимость мутности воды от расхода воды р. Ясельда

Анализ расходов взвешенных наносов р. Ясельда на протяжении периода с 1971 по 2021 гг. показал существенные различия в колебаниях среднегодовых величин. Так с 1971 г. по 2000 г. отмечены два случая, когда расход наносов был ниже среднего значения, в 1972 г. и в 1995–1996 гг. С 2001 по 2021 гг. картина существенно изменилась. Этот период отмечается значительным уменьшением среднегодовых значений. В период с 1971 по 2000 гг. среднее значение расхода взвешенных наносов составило 0,15 кг/с, а в период с 2001 по 2021 гг. – 0,08 кг/с. Уменьшение среднегодового расхода взвешенных наносов во времени, по нашему мнению, вызвано влиянием хозяйственной деятельности и несовершенством методики и приборов измерения твердого стока.

Мутность воды в реках достигает максимума в период весеннего паводка, когда уровень воды кратковременно поднимается из-за таяния снега и обилия дождей. Летом, в период межени, мутность снижается из-за низких расходов и уровней воды. Осенью мутность незначительно повышается дождями. Зимой же отмечается минимальная мутность.

Таблица – Мутность воды реки Ясельда (г/м<sup>3</sup>) в различные сезоны года

Река – пункт	Период наблюдений	Межень		Весеннее половодье, средняя
		лето – осень	зима	
р. Ясельда – с. Сенин	1971–2021	6,8–7,8	4,0–4,6	7,6

Анализ внутригодового распределения мутности показал, что в летне-осеннюю межень мутность составляет от 6,8 до 7,8 г/м<sup>3</sup>, в зимнюю межень от 4 до 4,6 г/м<sup>3</sup>, а в период весеннего половодья составляет 7,6 г/м<sup>3</sup> (табл.) [3].

### Вывод

Изученность твердого стока р. Ясельда в современных условиях недостаточная. Во временном ходе взвешенных наносов, в настоящее время, наблюдается уменьшение среднегодовых значений в период с 2001 по 2021 гг. При этом внутригодовая структура существенных изменений не претерпела.

## Список использованных источников

1. Статистические методы в природопользовании / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, П. С. Пойта, П. В. Шведовский. – Брест : Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.

2. Волчек, А. А. Оценка стока взвешенных наносов рек Беларуси при отсутствии данных наблюдений / А. А. Волчек, И. Н. Розумец // материалы I Белорусского географического конгресса: к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества, Минск, 8–13 апр. 2024 г., Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.) [и др.] : в 7 ч. – Ч. 1. Современные проблемы гидрометеорологии.

3. Волчек, А. А. Современные изменения твердого стока наносов на реках Беларуси / А. А. Волчек, И. Н. Розумец // (сборник материалов международной научно-практической конференции) Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов : приуроченной ко Всемирному дню водных ресурсов, Минск, 22–24 марта 2023 г., Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, РУП «ЦНИИКИВР»; [отв. ред. О. В. Ковзунова]. – Минск : Нац. библиотека Беларуси, 2023. – С. 21–24.

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Глушко<sup>1</sup> К. А., Глушко<sup>2</sup> К. К.*

*<sup>1</sup> К.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь*

*<sup>2</sup> К.т.н., доцент  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь*

### **Введение**

Изменение климата, которое явно произошло в зиму 1987–1988 года, оказывает негативное воздействие на условия эксплуатации гидротехнических сооружений мелиоративных систем и гидроузлов. Цикличность перехода температуры воздуха через ноль значительно увеличилась, что усложняет работу гидротехнических сооружений (ГТС) и приводит к сокращению срока их эксплуатации.

### **Основная часть**

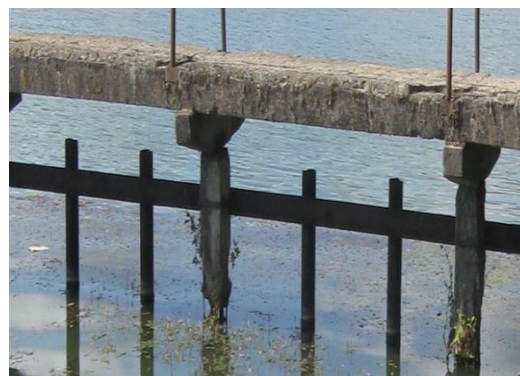
Проблемы эксплуатации ГТС и пути их решения. Гидротехнические сооружения являются неотъемлемой частью мелиоративных систем и гидроузлов. В условиях современного строительства и принятых технологий основные конструкции изготавливают из сборного железобетона, а отдельные конструктивные



элементы из монолитного, укладываемого на месте производства работ. Как правило, это несущие конструкции, которые рассчитываются на длительный срок эксплуатации. Условия их работы предполагают непосредственный и длительный контакт с поверхностными водами каналов, водоемов и др., уровень воды в которых не является постоянным в течение года и даже в течение отдельного сезона. Наиболее опасным с точки зрения условий эксплуатации является зимняя межень, в силу того что в условиях современного климата происходит частое (до десяти циклов) замерзание и оттаивание воды в водоисточниках. Учитывая, что колебания уровней воды происходит как в многолетнем периоде, так и в сезонном, вся амплитуда уровней воды обеспечивает намокание железобетонных конструкций в пределах верхней и нижней границ. В условиях положительных температур данное явление не представляет опасности, так как в бетоне формируется щелочная среда и опасности коррозии арматуры нет. В зимний период происходит замерзание воды в водоисточнике и по толщине льда гравитационной воды в железобетонном элементе конструкции. Промерзая, вода увеличивается в объеме и разрушает бетон. Физически это проявляется в отшелушивании поверхностных наиболее насыщенных слоев бетона. В итоге мощность защитного слоя истончается, что приводит к разрушению конструкции вплоть до полного оголения арматуры, как показано на рисунке 1 и 2.



*Рисунок 1 – Разрушение конструкции разделительного быка на р. Уша Минской области (2008 г.)*



*Рисунок 2 – Разрушение опор пешеходного мостика на трубчато-ковшовом водосбросе водохранилища Кутовщина Барановичского района Брестской области (2023 г.)*

Процессу разрушения бетона подвержены как сборные железобетонные конструкции, изготавливаемые в промышленных условиях, так и монолитные участки, бетонируемые в условиях производства работ. При обследовании ГТС во всех регионах Беларуси в 2008–2023 гг. выявлено, что наиболее подвержены разрушению участки монолитного бетона или конструкции из него, как следует из рисунка 3, на котором представлен стык выполненный из монолитного бетона тоннеля ковшового водосброса.



*Рисунок 3 – Стык железобетонных труб, выполненный из монолитного бетона в тоннеле ковшового водосброса (водохранилище Кутовщина Барановичского района Брестской области, 2023 г.)*

Это происходит в силу того, что достичь в производственных условиях требуемой плотности бетона практически не является возможным и пористость его выше.

С точки зрения авторов на этот процесс влияют: частота перехода температуры через ноль, абсолютная величина отрицательной температуры, мощность льда по глубине в водоисточнике и продолжительность воздействия отрицательных температур. В ходе обследований выявлено, что именно этот фактор является наиболее значимым.

В современных климатических условиях исключить этот процесс не представляется возможным, но влиять на его активность можно, применяя современные ремонтные смеси и гидрофобизаторы добавки, которые являются сегодня доступными на рынке строительных материалов.

Применение гидрофобизаторов при ремонте конструкций на наш взгляд наиболее перспективно. Достигается (по паспортным данным) практически 100-процентная водоотталкивающая способность бетона и его абсолютная несмачиваемость при сохранении воздухо- и паропроницаемости на срок не менее 10 лет. Это позволяет исключить влияние климатических и теплофизических факторов на эксплуатационную надежность конструкций ГТС. Проведенные авторами испытания в производственных условиях подтверждают гарантии производителей.

# ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ СВИНЦА ФИЛЬТРАМИ, ЗАГРУЖЕННЫМИ ИЗМЕЛЬЧЕННЫМ БРИКЕТИРОВАННЫМ ТОРФОМ

*Житенев<sup>1</sup> Б. Н., Сенчук<sup>2</sup> Д. Д.*

*<sup>1</sup> К.т.н., доцент, профессор кафедры «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, gitenev@tut.by*

*<sup>2</sup> М.т.н., аспирант кафедры «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, senchuk.d.d@mail.ru*

## **Введение**

В настоящее время ведутся активные исследования по методам очистки сточных вод от таких токсичных металлов, как кадмий, свинец, медь и др. Свинец – один из важнейших видов минерального сырья и в то же время – глобальный загрязнитель окружающей среды. В природе самородный металл встречается редко, однако содержится в большом количестве минеральных отложений и руд. В естественные водоемы соединения свинца попадают с атмосферными осадками из-за вымывания пород и почв. Но самый большой вклад в загрязнение водных источников вносит деятельность человека. Огромное количество свинца поступает в воду со стоками промышленных и горно-обогатительных предприятий. Использование тетраэтилсвинца в автомобильном топливе, бытовые отходы, сжигание угля – также одни из самых распространенных способов попадания тяжелых металлов в грунтовые и открытые воды. Нередки случаи присутствия свинца в централизованном водоснабжении. Во многих домах старого образца еще остались свинцовые трубы или элементы трубопровода, частицы которых в процессе коррозии их поверхности попадают прямо в квартиры. По требованиям СанПин концентрация соединений свинца в питьевой воде не должна превышать 0,03 мг/л. Однако это вещество крайне токсично и имеет свойство накапливаться в организме, что при регулярном употреблении даже микроскопических доз способно вызывать тяжелые отравления как в острой, так и в хронической формах. В работах [1–3] приведены результаты исследований по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов путем использования модификаций природного торфа.

Обзор литературных данных позволяет сделать вывод о том, что разработка усовершенствованных технологий сорбционной очистки сточных вод с использованием торфа является весьма перспективным направлением. В литературе отсутствуют достаточно полные данные об использовании брикетированного торфа в качестве сорбента такого токсичного металла как свинец. В Республике Беларусь имеются значительные запасы торфа, масштабные производства торфобрикетов это создает реальные предпосылки для выпуска дешевых, экологически безопасных сорбентов на основе модифицированного брикетированного торфа. Настоящая работа посвящена разработке технологии очистки производственных сточных вод от ионов свинца гранулированным брикетированным торфом.

В процессе исследований использовались физико-химические, технологические, математические методы. Анализ пробы модельного раствора на содержание  $Pb^{+2}$  выполняли с помощью анализатора вольтамперометрического АВА-3.

Наиболее эффективно процесс сорбции ионов брикетированным торфом протекает в течение 5 минут контакта, затем он замедляется. В течение 5 минут удаляется 98 % ионов  $Pb^{+2}$ . Исследования сорбции ионов в процессе динамического фильтрования выполнялись на установке, состоящей из емкости с имитатором сточной воды, пьезометра, фильтровальной колонки, верхнего слоя щебня, гранул торфобрикета, нижний слой гравия, приемной емкости, крана для регулировки расхода.

Имитатор сточной воды готовился на водопроводной воде путем добавления солей. Содержаний ионов определялось с помощью анализатора АВА-3. Скорость фильтрования (время пребывания) имитатора в загрузке фильтра регулировалось краном. Для измерения потерь напора в загрузке использовался пьезометр. На основании проведенных исследований разработана технология очистки воды от ионов свинца.

### **Заключение**

Проведенные исследования процессов сорбции брикетированным торфом ионов свинца  $Pb^{+2}$  позволили установить следующее:

- эффективность сорбции снижается с увеличением крупности зерен брикетированного торфа;
- сорбционная емкость при насыщении составляет по  $Pb^{+2}$  – 0,8205 ммоль/г (170,00 мг/г).

Полученные результаты исследований свидетельствуют о возможности использования брикетированного торфа в качестве эффективного сорбента для очистки сточных вод от ионов  $Pb^{+2}$ .

На основании проведенных исследований разработана технология очистки воды от ионов свинца гранулами из брикетированного торфа.

### **Список использованных источников**

1. Применение природных материалов для очистки техногенных вод / А. А. Богущ, Т. Н. Мороз, О. Г. Галкова, О. М. Маскенская // Экология промышленного производства. – 2007. – № 2. – С. 63–69.
2. Богущ, А. А. Применение торфо-гуминовых веществ для снижения техногенного влияния отходов на окружающую среду / А. А. Богущ, А. Н. Трофимов // Химическая промышленность. – 2005. – № 3. – С. 153–158.
3. Арканова, И. А. Новые фильтрующие материалы для очистки природных вод / И. А. Арканова, Д. М. Китаев, Ю. Д. Луценко // (материалы 46 Международной научно-технической конференции) Достижения науки – агропромышленному производству : Челябинск, Челяб. гос. агроинж. ун-т., 2007. – Ч. 3. – С. 164–169.

# ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Исаев О. И.*

*К.э.н., ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова», Москва, Россия*

Одной из важнейших проблем, с которым сталкивается человечество в начале XXI века, считается изменение климата и его последствия. Повышение средней температуры климатической системы Земли, происходящее уже более века, имеет как естественные, так и антропогенные причины. Потепление может оказывать влияние на изменения ряда сопутствующих климатических характеристик в климатической системе. В частности, это касается гидрологического цикла, таких показателей, как средние сезонные осадки и показатели экстремальности режима осадков; облачность; сезонный снежный покров; речной сток; замерзание и вскрытие рек.

Увеличение средней температуры, наряду с ростом мировой экономики и экстенсивным развитием сельского хозяйства с целью обеспечить растущее население планеты доступным продовольствием, обуславливают увеличение объемов использования водных ресурсов. Что, в свою очередь, является предпосылкой к росту объемов водохозяйственного строительства.

В сложившихся условиях вода становится стратегическим ресурсом развития стран, а ее добыча, подготовка и транспортировка – важнейшими государственными задачами. Основная функция государственного управления водным хозяйством – создание условий для обеспечения населения и экономики водными ресурсами, рационального водопользования в стране, необходимого уровня финансирования водного хозяйства, улучшения качества водных ресурсов, сокращения неблагоприятного воздействия вод.

С точки зрения экономических отношений, связанных с использованием и охраной водных ресурсов, важное значение имеет обоснованное введение экономической оценки водных ресурсов в практику формирования платежей за их использование и ее дифференциация с учетом природных и социально-экономических факторов. Ее использование в системе управления водохозяйственной деятельностью позволит обеспечить финансовую и организационную основу модернизации водохозяйственного комплекса. Негативное следствие неравномерности распределения водных ресурсов обуславливается не столько разными показателями удельной водообеспеченности в расчете на единицу площади, сколько их расхождением с плотностью населения и распределения производственных сил по территории. Сопоставив средние многолетние значения поверхностных водных ресурсов с площадью субъектов Российской Федерации можно ранжировать территорию нашей страны по естественной водообеспеченности ( $\text{км}^3 / \text{год}$  речного стока на  $1 \text{ км}^2$  территории региона), без учета подземных вод и перераспределения стока. Выполненный расчет удельной водообеспеченности

субъектов Российской Федерации за счет поверхностных водных ресурсов показал, что эта величина изменяется от 0,01 до 6,5 км<sup>3</sup>/год с 1 км<sup>2</sup>. На основе экспертной оценки выделены определенные градации удельной водообеспеченности регионов в зависимости от удельного показателя. Удельная водообеспеченность определяет теоретическую возможность подачи водных ресурсов, и чем она ниже, тем выше стоимость ресурса, что означает рост необходимости государственной поддержки.

Наименее водообеспеченными регионами страны являются Калмыкия и Крым. Незначительные объемы речного стока определяют дефицит водных ресурсов, который выступает лимитирующим фактором развития субъектов Российской Федерации. Исчерпание ресурса не должно означать ограничение хозяйственной деятельности, а лишь свидетельствует о необходимости государственного вмешательства, направленного на сокращения непроизводительных потерь и перераспределение стока из регионов с высокой и очень высокой водообеспеченности с использованием современных технологий водообеспечения.

Состояние гидротехнических сооружений водохозяйственного комплекса, обеспечивающих использование водных ресурсов, сохранение водного фонда и защиту от вредного воздействия вод, во многих случаях является неудовлетворительным. Основная обязанность в финансировании мероприятий по ремонту, реконструкции и модернизации гидротехнических сооружений должна быть возложена на государство, что оправдано требованиями обеспечения продовольственной безопасности страны.

Для оценки эффективности водохозяйственной деятельности важна динамика показателя удельной водоемкости в многолетнем разрезе. Однако колебания мировых цен на углеводороды вносит искажение в этот показатель, определяя его флуктуации не отражающие реальные хозяйственные изменения. В связи с этим в целях мониторинга динамика водоемкости экономики предлагается рассматривать «не нефтегазовый» валовый внутренний продукт Российской Федерации, который представляет собой разницу между совокупным объемом ВВП и валовой добавленной стоимостью, созданной в нефтегазовом секторе.

При сравнении структуры бюджетов России и Беларуси глобальным отличием будет доля нефтегазовых доходов. И если с точки зрения наполнения бюджета, наличие богатых природных ресурсов, безусловно, играет важнейшую роль в вопросе баланса бюджета Российской Федерации, то, с точки зрения оценки эффективности тех или иных бюджетных инструментов, высокая зависимость от углеводородов порождает дисбаланс. Поэтому в структуре ВВП России представляется целесообразным при оценке динамики удельной водоемкости экономики дополнительно рассматривать лишь «не нефтегазовую» часть ВВП России. Волатильность цен на сырьевых рынка искажает оценку использования водных ресурсов в народном хозяйстве.

Определение ставок платы за водопользование должно проводиться с учетом экономической оценки водных ресурсов, которая зависит от наличия доступных водных ресурсов, спроса и фактической нагрузки на водные объекты и других факторов.

# ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОБЛЮДЕНИЕМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПО ОБРАЩЕНИЮ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

*Кондрина О. Г.*

*Магистрант кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, condrina.olya@yandex.by*

## **Введение**

Объектом исследования являются твердые коммунальные отходы, повсеместно распространенные, объемы которых ускоренно растут во всем мире ежегодно.

## **Материалы и методы**

В качестве материалов используются данные аналитического сбора информации, анализа схем обращения с коммунальными отходами, данные проведения мониторинга объектов (станций) сортировки (досортировки) отходов и извлечения вторичных материальных ресурсов, а также объектов захоронения твердых коммунальных отходов.

## **Результаты и обсуждение**

В Брестской области ведется планомерная работа по совершенствованию системы обращения с твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО) и вторичными материальными ресурсами (далее – ВМР), выполняются мероприятия по созданию региональных объектов по обращению с твердыми коммунальными отходами.

Во всех районах области, за исключением Каменецкого и Жабинковского, функционируют станции (пункты) сортировки (досортировки) отходов, в г. Бресте мусороперерабатывающий завод. Брестский региональный объект для г. Бреста, Брестского, Жабинковского, Каменецкого и Малоритского районов практически уже действует на базе Брестского мусороперерабатывающего завода, а также полигона ТКО для г. Бреста, реконструированного в 2022 году.

В I квартале 2023 года введена в эксплуатацию модернизированная сортировочная станция в г. Барановичи, мощность которой увеличилась в два с половиной раза, до 74,8 тыс. тонн в год, что позволит сортировать все коммунальные отходы, образующиеся в г. Барановичи, Барановичском, Ганцевичском и Ляховичском районах.

До настоящего времени предприятиями ЖКХ в области не созданы необходимые мощности для сортировки образующихся коммунальных отходов. Только 53 % поступающих на полигоны смешанных коммунальных отходов проходят через станции сортировки. Недостаточно эффективно работают станции сортировки отходов в Кобринском, Барановичском и Дрогичинских районах. Указанные станции загружены менее чем на 50 % от максимальной мощности (40,3 %; 42,5 %, 47,6 % соответственно). Чуть более 50 % составляет загрузка станций в Лунинецком (50,3 %), Ивацевичском (51,8 %) и Березовском (54,1 %) районах.

Загрузка сортировочной линии Брестского мусороперерабатывающего завода составляет 71,4 %.

Извлечение вторичных материальных ресурсов из состава твердых коммунальных отходов за 8 месяцев 2024 года в Брестской области составило 47,63 % (при среднереспубликанском показателе 37,6 %).

Плановые задания по заготовке и переработке вторичных материальных ресурсов Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда 2021 – 2025» за 8 месяцев текущего года выполнены на 66,6 %. Заготовлено и сдано на переработку отходов бумаги и картона – 34,41 тыс. тонн (70,5 %), отходов стекла – 16,47 тыс. тонн (54,2 %), полимерных отходов – 11,92 тыс. тонн (68,5 %), изношенных шин – 6,17 тыс. тонн (80,1 %), отходов бытовой техники – 2,37 тыс. тонн (79,3 %), отходов отработанных масел – 1,84 тыс. тонн (70,8 %). Наиболее низкий процент по заготовке отходов бумаги и картона и отходов стекла наблюдается в Каменецком районе 40 % и 15,3 % соответственно; полимерных отходов в Лунинецком районе – 29,8 %; изношенных шин в Ивацевичском районе – 29,2 %; отходов бытовой техники в Барановичском районе – 0 %; отработанных масел в Столинском районе – 26,9 %.

В целях предотвращения загрязнения отходами окружающей среды, а также соблюдения порядка сбора и удаления коммунальных отходов местные исполнительные и распорядительные органы:

- осуществляют организацию работы по удалению коммунальных отходов, а также обеспечивают необходимые условия для организации сортировки отходов (создание станций сортировки, пунктов досортировки коммунальных отходов и (или) региональных объектов сортировки твердых коммунальных отходов);

- обеспечивают разработку и утверждают по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, уполномоченными органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, схемы обращения с коммунальными отходами.

В соответствии с положениями п. 6.1. Правил благоустройства и содержания территорий населенных пунктов, утвержденных постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.11.2012 № 1087, местные исполнительные и распорядительные органы на основании мониторинга объектов благоустройства и содержания (эксплуатации) территории ежегодно до 1 декабря утверждают на следующий календарный год схемы обращения с коммунальными отходами, образующимися на территории населенных пунктов.

В нарушение требований данных правил в городе Барановичи такая схема утверждена 07.02.2023, в Барановичском районе – 30.11.2022, в Жабинковском районе – 09.12.2020, в Каменецком районе – 15.02.2023, в Малоритском районе – 10.01.2023, в городе Пинске – 30.12.2021.

Данные недостатки приводят к поступлению обоснованных обращений граждан. Так, например, жительницей д. Тельмы-1 в июне текущего года в сети Интернет неоднократно размещались критические видеоматериалы по факту несанкционированного складирования и несвоевременного вывоза значительного количества крупногабаритных коммунальных отходов (мебель, сантехнические



изделия, телевизоры и др.), размещенных в непосредственной близости от площадки сбора коммунальных отходов на ул. Веселой в д. Тельмы-1, на которой не были созданы условия для сбора крупногабаритных отходов. Комитетом в КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» направлено письмо, содержащее предложение рассмотреть вопрос установки большегрузного контейнера для сбора крупногабаритных отходов на площадке для сбора ТКО на ул. Веселой в д. Тельмы Брестского района. В настоящее время выполнены работы по расширению площадки с установкой контейнера емкостью 8 м<sup>3</sup> для сбора крупногабаритных отходов.

Аналогичные недостатки, связанные с организацией сбора и вывоза крупногабаритных растительных отходов, выявляются и в других районах области – Барановичский, Жабинковский и в г. Бресте.

В 2024 году комитетом проведено 136 контрольных мероприятий по соблюдению схем обращения с коммунальными отходами, в том числе наличия контейнерных площадок, контейнеров для сбора и вывоза смешанных отходов, вторичных материальных ресурсов.

За установленные нарушения в части несоблюдения схем обращения с коммунальными отходами выдано 46 рекомендаций, направлено 47 информационных писем, наложено 8 административных взысканий в виде штрафов на сумму 18,2 тыс. руб., вынесено 7 постановлений об освобождении от административной ответственности с вынесением предупреждения.

В настоящее время на территории области насчитывается 26 полигонов твердых коммунальных отходов. Из них 22 являются действующими и 4 закрытыми (2 – в Березовском районе, по одному в Каменецком и Столинском районах), медленными темпами решаются вопросы по их рекультивации.

Комитетом и инспекциями осуществляется постоянный контроль за соблюдением природоохранного законодательства на действующих объектах захоронения ТКО.

По результатам проведенных комплексных обследований районов неоднократно выявлялись факты нарушения природоохранного законодательства, выразившиеся:

- в несанкционированном размещении отходов в санитарно-защитных зонах объектов захоронения отходов;
- несвоевременной изоляции отходов инертным материалом;
- нахождении вторичных материальных ресурсов на объектах ТКО.

В текущем году комитетом проведено 125 обследований объектов захоронения твердых коммунальных отходов. Выявлено 138 нарушение правил их эксплуатации. По результатам проведенных обследований выдана 21 рекомендация, направлено 40 информационных писем, наложено 17 административных взысканий в виде штрафов на сумму 38,48 тыс. руб., вынесено 20 постановлений об освобождении от административной ответственности с вынесением предупреждения.

В ходе обследований объектов захоронения выявлено 60 случаев захоронения вторично-материальных ресурсов, выдано 13 рекомендаций, направлено 35 информационных писем, наложено 14 административных взысканий в виде

штрафов на сумму 28,48 тыс. руб., вынесено 43 постановления об освобождении от административной ответственности с вынесением предупреждения.

Также в текущем году выявлен 1761 факт размещения отходов вне санкционированных мест, по выявленным фактам нарушений выдано 317 рекомендаций, направлено 442 информационных письма, составлено 65 административных протоколов, наложено штрафов на сумму 144,4 тыс. руб., вынесено 296 постановлений об освобождении от административной ответственности с вынесением предупреждения. За засорение отходами окружающей среды предъявлено 132 претензии на сумму 242,395 тыс. руб.

### **Заключение**

Вышеназванные проблемы требуют многостороннего подхода к решению, включая улучшение технологий, сотрудничество между государственными, частными и научными учреждениями, а также активное вовлечение местных сообществ и местного населения.

### **Пути решения проблем, связанных с обращением с твердыми коммунальными отходами:**

– рекомендовать председателям сельских исполнительных комитетов организовать проведение разъяснительной работы с населением по вопросам обращения с твердыми коммунальными отходами и отдельного сбора вторичных материальных ресурсов;

– рекомендовать горрайисполкомам до 1 декабря 2024 года обеспечить корректировку в установленном порядке схем обращения с твердыми коммунальными отходами, требующих актуализации;

– рекомендовать БУОП «Управление ЖКХ» совместно с горрайисполкомами, Брестским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды, государственным учреждением «Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» усилить контроль за эффективностью функционирования городских и районных схем обращения с коммунальными отходами, при выявлении проблемных вопросов оперативно обеспечивать корректировку схем в части увеличения кратности вывоза отходов в населенных пунктах, садоводческих товариществах, гаражных кооперативах, расширения отдельного сбора отходов, обеспечение сбора и вывоза крупногабаритных, растительных отходов;

– рекомендовать Брестскому областному комитету природных ресурсов и охраны окружающей среды усилить контроль за соблюдением субъектами хозяйствования правил эксплуатации объектов захоронения твердых коммунальных отходов, а также за недопущением захоронения ВМР на объектах захоронения ТКО.

Внедрение этих решений поможет преодолеть проблемы, связанные с соблюдением законодательства по обращению с твердыми коммунальными отходами, снизит количество фактов нарушений в области обращения с отходами, повысит качество в системе обращения с вторичными материальными ресурсами, в работе объектов (станций), предназначенных для сортировки (досортировки) твердых коммунальных отходов, а также повысит качество работы на объектах захоронения твердых коммунальных отходов, что положительно отразится на их деятельности, управлении, оценке и контроле.

# ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД НА ПРОЦЕССЫ КОРРОЗИИ МАТЕРИАЛОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*Левчук<sup>1</sup> Н. В., Олехнович<sup>2</sup> К. А.*

*<sup>1</sup> К.т.н., доцент, зав. кафедрой инженерной экологии и химии  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, 961896@bstu.by*

*<sup>2</sup> Студент УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, kirilolehnovich@gmail.com*

Качество природной воды в водных объектах, где эксплуатируются инженерные сооружения, в значительной степени зависит от содержания в ней растворенных солей минерального происхождения. Основное солесодержание обусловлено соединениями кальция и магния, которые характеризуют жесткость воды. Содержание анионов хлора, сульфат анионов, карбонатов и гидрокарбонатов, катионов железа и других ионов обуславливают минерализацию природных водных объектов. Для каждого из ионов соли установлено нормативное значение ПДК (таблица 1).

*Таблица 1 – Основные показатели предельно допустимых концентраций компонентов, создающих минерализацию воды*

Катионы и анионы солей	ПДК (предельно допустимая концентрация), мг/л
Кальций $Ca^{2+}$	200
Магний $Mg^{2+}$	100
Сульфат $SO^{2-}$	500
Хлорид $Cl^-$	350
Железо общее $Fe^{2+} Fe^{3+}$	0,3

В результате длительной эксплуатации гидротехнических и мостовых сооружений, при действии химически активных по отношению к цементному камню ионов водной среды, таких как хлориды, нитраты, сульфаты, способствующих разрушению бетонов и арматуры, одним из основных факторов является скорость диффузии и скорость химических реакций, с продуктами гидратации минералов цемента.

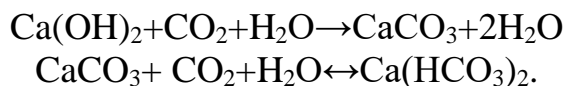
С этой целью в работе определялись некоторые показатели качества воды в пробах из водных объектов. К основным показателям качества воды природного водоема относится водородный показатель – рН. Нормативное значение рН для водных объектов находится в пределах от 6,5 до 8,5.

Отклонение значения рН в природной воде от установленной нормы вызывают загрязнения воздуха кислотными примесями, которые с атмосферными осадками попадают в водоем. Изменение рН могут вызывать недостаточно очищенные и не очищенные сточные воды промышленных предприятий, создавая агрессивную среду по отношению к гидротехническим и мостовым сооружениям.

Практика эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций показывает, что воды, содержащие агрессивную уголекислоту в количестве более 300 мг/л, сильно агрессивны. При исследовании влияния уголекислотной коррозии следует учитывать следующие теоретические положения:

– процесс уголекислотной коррозии бетона в ненапорных конструкциях идет на поверхности раздела фаз «раствор  $\text{CO}_2$  – бетон», т. е. является гетерогенным процессом;

– механизм уголекислотной коррозии цементного камня бетона определяется двумя взаимосвязанными процессами: образованием карбоната кальция и растворением его по реакциям:



Коррозия цементного камня и бетона, также как и в газосиликатном бетоне, в среде, содержащей агрессивную уголекислоту, идет с разложением всех минералов портландцементного клинкера и их гидратных соединений. В обратимой реакции следует различать уголекислоту, связанную в гидрокарбонате  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и кислоту. Появление в растворе «сверхравновесного» количества уголекислоты вызывает растворение новых порций  $\text{CaCO}_3$ . Эта избыточная кислота называется агрессивной. Уголекислотная коррозия действует на бетон тем слабее, чем больше в водном растворе гидрокарбонатов кальция и магния.

Таким образом, процесс уголекислотной коррозии бетона можно исследовать по изменению концентрации  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , pH в водных вытяжках из различных слоев газосиликатных блоков.

Уголекислота может присутствовать в растворе в виде трех форм [2, 3]:

- 1) свободная уголекислота, которая образуется при взаимодействии  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- 2) уголекислота в виде  $\text{HCO}_3^-$ ;
- 3) уголекислота в виде  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Все три формы могут переходить из одной в другую в зависимости от pH среды.

Для оценки воздействия водных объектов на мостовые сооружения в местах их эксплуатации были отобраны пробы из рек Птичь, Усы, Карпиловки и Поплавки. В пробах определялись жесткость воды, содержание хлоридов, водородный показатель. Результаты исследований приведены в таблице 2.

*Таблица 2 – Показатели качества воды в пробах природных водных объектов*

Название реки	pH	Жесткость, мгэquiv/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л
Уса	8,06	5,5	45,67	57,2
Карпиловка	7,42	4,4	101,18	48,8
Поплавка	7,86	4,3	49,70	58,7

Анализируя результаты исследований проб воды в реках, можно сделать вывод о том, что исследуемые показатели не превышают установленные нормативы качества воды в природных водных объектах. Однако известно, что естественное содержание сульфатов в поверхностных и грунтовых водах обусловлено выветриванием пород и биохимическими процессами, происходящими в водоносных

слоях. Предельное содержание сульфат-ионов в воде источников централизованного водоснабжения не должно превышать 500 мг/л, но, как правило, в речной воде концентрация сульфатов составляет 100–150 мг/л. Повышенная концентрация сульфатов может свидетельствовать о загрязнении водного объекта производственными сточными водами.

Хлориды являются составной частью большинства природных вод. Однако в воде рек концентрация хлоридов невелика – обычно она не превышает 10–30 мг/л, поэтому повышенное количество хлорид-ионов указывает на загрязнение водного объекта сточными водами. В соответствии с нормативами качества воды природных водных объектов концентрация хлоридов не должна превышать 350 мг/л. При некоторых соотношениях сульфатов и хлоридов вода становится агрессивной по отношению к различным типам бетонов.

Содержание ионов кальция и магния в пробах показало, что вода в реках относится к категории вод средней жесткости.

Установлено, что при снижении жесткости воды, т. е. содержании ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и увеличении значения водородного показателя pH, вероятность присутствия в воде свободного  $\text{CO}_2$  увеличивается, что ускоряет процессы коррозии арматуры и карбонизации бетона мостовых и гидротехнических сооружений.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕЛИЧИН ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ ПО ДАННЫМ О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНОГО СИЯНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

***Мешик<sup>1</sup> О. П., Борушко<sup>2</sup> М. В.***

*<sup>1</sup> К.т.н., доцент, декан факультета инженерных систем и экологии  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, omeshyk@gmail.com*

*<sup>2</sup> М.т.н., старший преподаватель кафедры лингвистических дисциплин и межкультурных коммуникаций, УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, borushko.marina@mail.ru*

Существует практическая необходимость получения данных о фотосинтетически активной радиации (ФАР) для решения актуальных задач современной агрометеорологии при эффективном планировании урожайности сельхозкультур. Использование косвенных методов оценки ФАР в местах, где нет регулярных инструментальных измерений, может стать хорошей альтернативой сложным инструментальным измерениям ФАР. Исследователи во всем мире разрабатывают эмпирические модели величин ФАР для разных типов климатов с использованием массово наблюдаемых метеорологических параметров, таких как коротковолновая радиация, температура окружающей среды, облачность,

продолжительность солнечного сияния (ПСС), которые могут удовлетворительно прогнозировать поведение ФАР в разное время года.

Цель данного исследования – моделирование величин фотосинтетически активной радиации по данным о продолжительности солнечного сияния на территории Республики Беларусь.

На территории Республики Беларусь ПСС регистрируется на 14 метеостанциях: Верхнедвинск, Шарковщина, Березинский заповедник, Ошмяны, Горки, Минск, Марьина Горка, Костюковичи, Волковыск, Гомель, Василевичи, Пинск, Полесская болотная, Брест. Осредненные данные наблюдений за ПСС за период с 1979 по 2022 годы приняты в данном исследовании.

При моделировании суммарной ФАР рассматривается ПСС за вегетационный период со среднесуточной температурой воздуха  $>5^{\circ}\text{C}$ , т. е. с апреля по октябрь. За основу принята модель, разработанная учеными метеорологической обсерваторией МГУ [1]:

$$Q_{\text{ФАР}} = 0,7(\sin h)^{1,706} \tau + 5,74(\sin h)^{1,89}, \quad (1)$$

где  $h$  – высота солнца над горизонтом,  $\tau$  – продолжительность солнечного сияния.

Формула (1) позволяет выполнять расчеты суточных значений ФАР по фактической ПСС.

Поскольку ФАР мы рассматриваем как один из факторов формирования урожаев сельскохозяйственных культур, во внимание принимается только вегетационный период года, в котором суммированы среднемесячные суммы ФАР за период с апреля по октябрь. Получены следующие результаты: Брагин – 1448 МДж/м<sup>2</sup>, Браслав – 1311 МДж/м<sup>2</sup>, Брест – 1435 МДж/м<sup>2</sup>, Василевичи – 1462 МДж/м<sup>2</sup>, Верхнедвинск – 1307 МДж/м<sup>2</sup>, Волковыск – 1380 МДж/м<sup>2</sup>, Гомель – 1451 МДж/м<sup>2</sup>, Горки – 1357 МДж/м<sup>2</sup>, Езерище – 1286 МДж/м<sup>2</sup>, Костюковичи – 1382 МДж/м<sup>2</sup>, Лепель – 1319 МДж/м<sup>2</sup>, Марьина Горка – 1370 МДж/м<sup>2</sup>, Минск – 1354 МДж/м<sup>2</sup>, Ошмяны – 1353 МДж/м<sup>2</sup>, Пинск – 1448 МДж/м<sup>2</sup>, Полесская болотная – 1424 МДж/м<sup>2</sup>, Шарковщина – 1321 МДж/м<sup>2</sup>. Результаты моделирования визуализированы на рисунке.

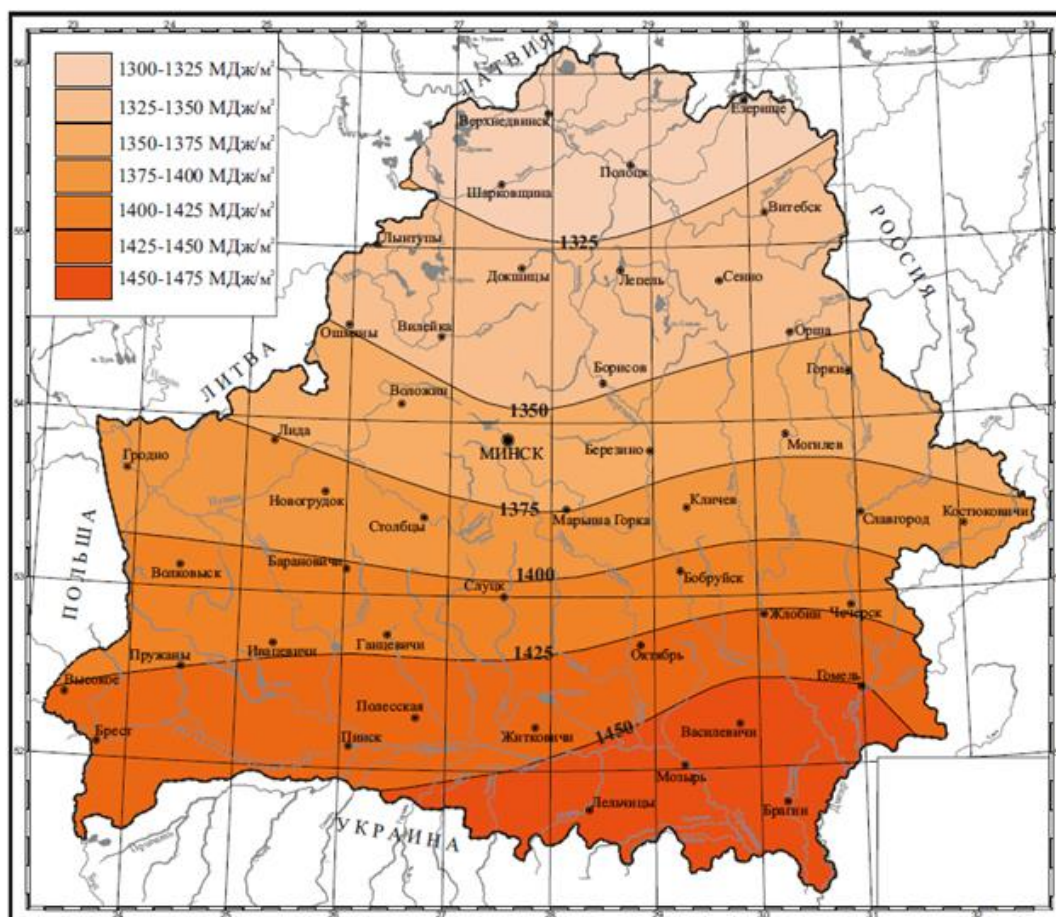


Рисунок – Суммарная ФАР ( $\Sigma Q_{\text{ФАР}}$ ), смоделированная по данным о ПСС за многолетний период 1979–2022 гг. (апрель-октябрь), МДж/м<sup>2</sup>

### Список использованных источников

1. Шиловцева, О. А. Косвенные методы расчета суммарной фотосинтетически активной радиации по данным актинометрических и метеорологических наблюдений / О. А. Шиловцева, К. Н. Дьяконов, Е. А. Балдина // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 1. – С. 37–47.

## МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КАНАЛОВ

*Михневич<sup>1</sup> Э. И., Буриев<sup>2</sup> Э. С., Имамназаров<sup>3</sup> Ш. Н., Грузинова<sup>4</sup> В. Л.*

<sup>1</sup> Д.т.н., профессор, Минск, Беларусь

<sup>2</sup> Д.т.н., профессор кафедры «Инженерные коммуникации» Ташкентского архитектурно-строительного университета, Ташкент, Узбекистан

<sup>3</sup> К.т.н., доцент кафедры «Инженерные коммуникации» Ташкентского архитектурно-строительного университета, Ташкент, Узбекистан

<sup>4</sup> К.т.н., доцент, зав. кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» Белорусского национального технического университета, Минск, Беларусь, GVL@bntu.by

Для разработки новой методики расчета пропускной способности каналов применен метод теоретического анализа уравнений русловой гидравлики. Для определения параметров канала при одном заданном размере поперечного сечения непосредственно по аналитическим зависимостям (без подбора) использована расчетная модель, в которой за эталон принято живое сечение, обеспечивающее наибольшую пропускную способность русла с наивыгоднейшим гидравлическим радиусом, определяемым по соответствующей зависимости при заданных расходе воды, уклоне и коэффициенте шероховатости.

В водохозяйственном строительстве наиболее распространенной формой поперечного сечения каналов является трапецеидальная [1, 2, 3] как наиболее удобная для производства работ. При этом  $h$  – глубина канала, м;  $b, B$  – ширина канала соответственно по дну и по уровню воды, м;  $\alpha$  – угол наклона откосов;  $m$  – коэффициент заложения откосов.

Для канала гидравлически наивыгоднейшего профиля можно получить формулу, позволяющую непосредственно определять глубину русла. На основе совместного решения уравнения расхода, формулы для определения площади трапецеидального сечения русла и соотношения между его шириной по дну и глубиной запишем уравнение в следующем виде

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} = \omega \frac{1}{n} (0.5h)^y (0.5hi)^{0.5} = h^2 (\beta_{г.н.} + m) \frac{1}{n} 0.5^y h^y 0.5^{0.5} h^{0.5} i^{0.5}, \quad (1)$$

откуда 
$$Qn = 0.5^{y+0.5} (\beta_{г.н.} + m) i^{0.5} h^{2.5+y}. \quad (2)$$

На основе совместного решения уравнения неразрывности потока, формул А. Шези для средней скорости потока и Н.Н. Павловского для скоростного коэффициента, формул для определения площади трапецеидального сечения русла и соотношения между шириной по дну и глубиной получена формула для определения глубины канала гидравлически наивыгоднейшего поперечного профиля

$$h_{г.н.} = 2 \left( \frac{Qn}{4m_0 \sqrt{i}} \right)^{\frac{1}{2.5+y}} \quad \text{или} \quad h_{г.н.} = 2 \left( \frac{K_0 n}{4m_0} \right)^{\frac{1}{2.5+y}}, \quad (3)$$

Соответственно ширина по дну  $b_{г.н.} = \beta_{г.н.} h_{г.н.}$ .



Разработанная аналитическая методика гидравлического расчета каналов позволяет непосредственно по формулам определять размеры поперечного сечения русла и тем самым избежать трудоемкого процесса расчета каналов путем подбора.

Предложенная формула для определения допускаемой незаиляющей скорости может быть рекомендована к практическому применению.

### **Список использованных источников**

1. Михневич, Э. И. Открытые водотоки: пропускная способность и устойчивость / Э. И. Михневич. – Минск : БНТУ, 2021. – 311 с.
2. Нестеров, М. В. Гидротехнические сооружения / М. В. Нестеров. – Минск, М. : Новое знание, Инфа-М. – 2015. – 608 с.
3. Богославчик, П. М. Проектирование и расчеты гидротехнических сооружений: учебное пособие / П. М. Богославчик, Г. Г. Круглов. – Минск : Высшая школа, 2018. – 368 с.

## **АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН**

*Папаскири Т. В., Липски С. А., Рассказова А. А., Фаткулина А. В.*

*ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»  
Москва, Россия, fatkulina\_ecology@mail.ru*

Современное сельскохозяйственное производство должно развиваться в рамках устойчивого развития для сохранения и воспроизводства земель, т. к. они являются основой жизнедеятельности человека. Аграрное производство предусматривает рациональное и экономически обоснованное размещение на землях соответствующих видов деятельности. Для получения качественных и безопасных продуктов питания, в том числе и для обеспечения продовольственной безопасности, сельскохозяйственные культуры необходимо выращивать на незагрязненных территориях, и при этом минимизировать антропогенное воздействие на почвенный покров [1, 5]. Например, при консервации угодий рекомендуется использовать технические культуры.

Республика Башкортостан характеризуется определенными природно-климатическими особенностями. Изучаемые территории имеют разнообразные природные условия (климат, рельеф, растительный и животный мир) оказывают непосредственное влияние на формирование почв и состояние земельных ресурсов в целом. Также необходимо отметить, что территории данного региона присуща горизонтальная и вертикальная зональность (от степной до горно-таежной). Поэтому мероприятия по защите земель от деградации для их успешного внедрения необходимо выполнять с учетом особенностей условий Башкортостана.

Авторами статьи проведены исследования для условий Республики Башкортостан. Общая площадь земельного фонда составляет 14294,7 тыс. га, из них на земли сельскохозяйственного назначения приходится 7262,9 тыс. га (50,8 %).

Земли сельскохозяйственного назначения на территории России характеризуются активными процессами деградации [2, 4], в том числе и рассматриваемого региона. Например, по результатам обследований выявлено, что к актуальным проблемам для земель сельскохозяйственного назначения относятся ветровая и водная эрозия, и значительное ускорение этих процессов вызвано деятельностью человека. На сегодняшний день в Республике Башкортостан около 5,6 млн га сельхозугодий являются эрозионно-опасными. Так, доля сельскохозяйственных угодий республики, подверженных ветровой эрозии (дефляции), составляет 36,4 %, а водной эрозии 36,43 %.

В процессе проведения исследований установлено, что основной причиной, по которой снижается плодородие почв в регионе, является применение почво-разрушающих традиционных технологий. Почвенный покров истощен, и денежные затраты не приносят ожидаемой прибыли. Ситуация усугубляется еще тем, что в Башкирии часто бывают засухи, почвы характеризуются недостаточным количеством питательных веществ, что соответственно снижает урожайность и приводит к убыткам в сельском хозяйстве. Поэтому для информационной поддержки сельского хозяйства в 2019 г. была разработана и введена в эксплуатацию информационно-аналитическая система агропромышленного комплекса Республики Башкортостан.

Необходимо отметить, что качественное состояние сельскохозяйственных земель республики продолжает ухудшаться. Для устранения негативных агроэкологических последствий и повышения плодородия почв авторами статьи предлагается следующий комплекс мер:

1) экологическая оптимизация агросистем (важно, чтобы в их составе были лесные насаждения, пруды и водоемы, т. к. они регулируют климат, гидрологические и биохимические процессы);

2) изучение и разработка эффективных мер по воспроизводству и сохранению плодородия почв, предотвращению всех видов ее деградации на основе почвосберегающих систем земледелия;

3) разработка и внедрение рациональных систем севооборотов, возделывания почв, внесения удобрений, защиты растений и семеноводства сельскохозяйственных культур от вредителей, используя данные агроэкологической оценки плодородия почв и при этом учитывая динамику рыночного спроса;

4) освоение принципиально новых подходов к землепользованию, в результате чего должны сформироваться оптимальные агроландшафты.

На сегодняшний день к одной из принципиально новых, передовых, эффективных и хорошо зарекомендовавших себя агротехнологий относится No-till технология [5]. С английского переводится как «нулевая, безпахотная обработка почвы». При применении в земледелии технологии No-till практически не проводится механическая обработка почвы, а поверхность земель покрывается измельченными остатками выращенных сельскохозяйственных культур. No-till

включает в себя несколько составляющих: система севооборотов, удобрения, защита растений, эффективное использование земли, охрана почв и т. д.

Земледелие на основе No-till позволяет восстановить и сохранить плодородие почв, при этом увеличив урожайность и значительно снизив себестоимость получаемой продукции. Данная технология широко применяется в таких странах, как Аргентина, Бразилия, США и др.

Можно выделить следующие достоинства No-till технологии:

- повышается экономическая эффективность за счет того, что снижаются расходы на оплату труда, сельскохозяйственную технику и топливо;
- снижается антропогенное воздействие на окружающую среду (меньше выбросов отработавших газов и смазочных материалов, не так сильно уплотняется почва техникой и др.);
- замедляются процессы ветровой и водной эрозии (плодородный слой почвы защищается стерней);
- снижается влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур на 60 %.

Но, в то же время, No-till технология имеет некоторые недостатки: агрономический персонал должен иметь опыт и навыки в работе. Нежелательно применять нулевую обработку на плохо дренируемых почвах, так как может возникнуть переувлажнение пахотного слоя.

Над внедрением в Республике Башкортостан технологии No-till работали известные агрономы и специалисты, и применяют ее уже достаточно продолжительное время. Сейчас данную технологию используют на территории около 350 тыс. га в таких районах, как Абзелиловский, Стерлитамакский, Куюргазинский, Кугарчинский, Давлекановский и других). Сельскохозяйственные предприятия получают стабильные урожаи с низкой себестоимостью. В процессе анализа и расчетов установлено, что прибыль с каждого гектара на 2,0–2,5 тыс. рублей больше.

Важным является то, что благодаря применению технологии No-till в Республике Башкортостан обеспечивается сохранение влагообеспеченности почвенного покрова, а измельченные остатки растительности позволяют сократить испарение с поверхности почвы (сохранить дополнительно до 40–50 мм влаги). В результате повышается урожайность сельскохозяйственных культур.

Большинство сельскохозяйственных угодий Башкортостана подвержены процессам деградации земель и снижения гумуса. Применение технологии No-till окажет благоприятное влияние и на окружающую среду, и на эффективность землепользования (сохранение гумусового слоя, уменьшение водной и ветровой эрозии, снижение капитальных затрат и эксплуатационных расходов, повышение урожайности в засушливые годы, рост рентабельности сельскохозяйственного производства).

Современная No-till технология позволяет рационально использовать земельные ресурсы. Однако необходимо учитывать особенности почв и не использовать такие технологии на плохо дренируемых почвах, так как это может привести к переувлажнению пахотного слоя и, следовательно, снижению его биологической активности.

## Список использованных источников

1. Вершинин, В. В. О состоянии плодородия земель сельскохозяйственного назначения и мерах по его воспроизводству / В. В. Вершинин, С. А. Липски // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 6. – С. 14–17.
2. Геоинформационные технологии в мониторинге и использовании земельных ресурсов / А. Ж. Батыкова, О. В. Богданова, В. А. Бударова [и др.] – Пенза, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. – 155 с.
3. Lipski, S. A. State and use of land resources in Russia: Trends of the current decade / S. A. Lipski, Studies on Russian Economic Development. –2020. – Vol.31(4). – P. 437–443. – DOI: 10.1134/S1075700720040103.
4. Применение удобрений в сельском хозяйстве Испании: влияние на баланс питательных веществ и эмиссию парниковых газов / Т. В. Папаскири, С. В. Митрофанов, Н. В. Орлова [и др.] // Агрохимический вестник. – 2024. – № 1. – С. 79–87. –DOI 10.24412/1029-2551-2024-1-014.
5. Власенко, А. Н. Эффективность No-Till технологии на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, П. И. Кудашкин // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № S5(14). – С. 4–13. – DOI 10.25930/2687-1254/001.5.14.2021.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ (НА ПРИМЕРЕ ОБЛАСТНЫХ ЦЕНТРОВ)

*Протасевич А. С.*

*Магистр, старший преподаватель кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, protasevichnastua@gmail.com*

Исследование и анализ климатических ресурсов с целью их эффективного применения представляют собой актуальную научно-практическую задачу для Республики Беларусь. Ветер является одним из ключевых метеорологических факторов, влияющих на формирование климатического режима местности. Сведения о максимальных значениях скоростей ветра имеют большое практическое значение во многих отраслях народного хозяйства: сельском и лесном, энергетике, транспорте, промышленном и жилищном строительстве. Из всех климатических параметров ветер отличается наибольшей пространственно-временной изменчивостью, поэтому изучение закономерностей распределения максимальных скоростей ветра представляет значительный теоретический и практический интерес.

Целью данного исследования является оценка пространственно-временной изменчивости максимальных скоростей ветра на примере областных центров Республики Беларусь.

Объектом исследования в работе являются максимальные скорости ветра по шести метеостанциям, расположенным в областных центрах Беларуси (Брест, Гомель, Могилев, Витебск, Гродно, Минск) за репрезентативный период с 1966 по 2020 гг. Измерения скоростей ветра на метеостанциях выполнены с помощью анеморумбометров согласно действующим требованиям.

В таблице 1 приведены максимальные значения скоростей ветра за принятый репрезентативный период.

*Таблица 1 – Максимальные значения скоростей ветра за 1966-2020 гг., м/с*

Пункт наблюдения	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Брест	12	11	12	12	9	9	11	11	9	12	14	12
Витебск	20	16	15	15	15	18	15	12	18	16	19	16
Гомель	16	16	18	18	18	20	18	14	15	16	24	20
Гродно	25	23	20	16	15	16	16	15	15	20	24	20
Минск	12	13	12	14	11	9	15	10	12	12	15	11
Могилев	20	16	18	17	13	14	14	13	15	16	25	20

Максимальное значение скорости ветра – 25 м/с зарегистрировано в ноябре 1973 года в Могилеве. Преимущественно максимальные скорости ветра больше 20 м/с наблюдаются в осенне-зимний период на метеостанциях, расположенных на востоке и западе страны. На остальной части Беларуси ветровые аномалии минимизированы, что вероятно связано с орографическими особенностями исследуемой территории.

Анализ временных рядов (1966–2020 гг.) максимальных скоростей ветра указывает на их определенную цикличность. Цикличность нами устанавливается методами интегральных разностей и кривых скользящих средних. На рисунках 1–2 представлены нормированные разностные интегральные кривые максимальных значений скоростей ветра и кривые скользящих 5-летних средних для областных центров Беларуси.

В результате исследования многолетних рядов максимальных скоростей ветра получены линейные тренды, отражающие тенденции в изменении максимальных скоростей ветра. В таблице 2 приведены уравнения линейных трендов максимальных скоростей ветра в областных центрах Беларуси.

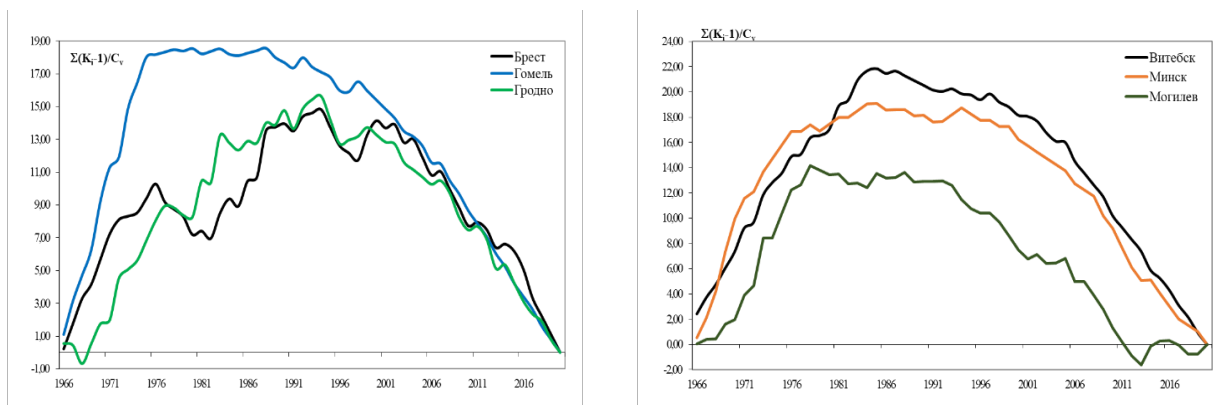


Рисунок 1 – Нормированные разностные интегральные кривые максимальных скоростей ветра для областных центров Беларуси

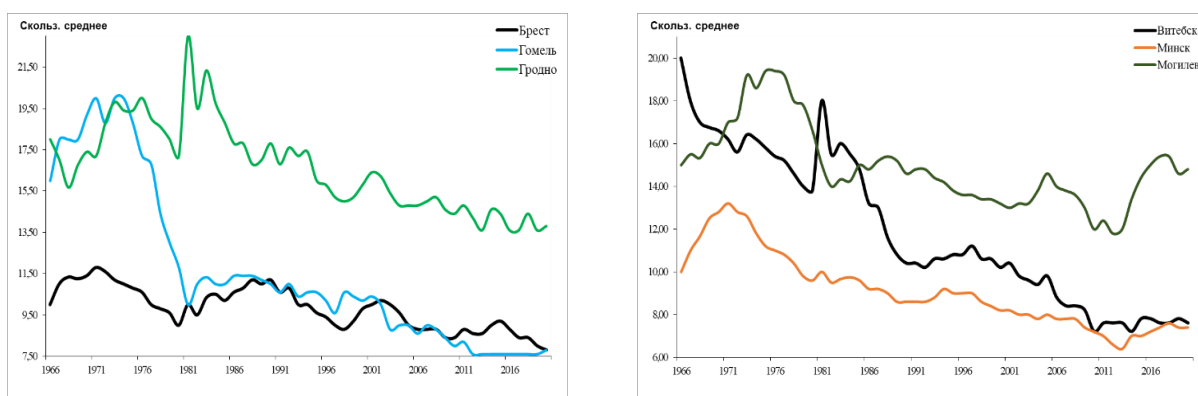


Рисунок 2 – Кривые скользящих пятилетних максимальных скоростей ветра для областных центров Беларуси

Таблица 2 – Линейные тренды изменения скоростей ветра за 1966–2020 гг., м/с

Метеостанция	Уравнение линейной регрессии
Брест	$y = -0,0533x + 11,319$
Витебск	$y = -0,2125x + 17,815$
Гомель	$y = -0,2182x + 17,776$
Гродно	$y = -0,105x + 19,596$
Минск	$y = -0,0995x + 11,888$
Могилев	$y = -0,0772x + 17,081$

По всем шести метеостанциям имеют место отрицательные тренды максимальных скоростей ветра. Максимальные скорости ветра уменьшаются по территории Беларуси со скоростью 0,5–2,0 м/с за 10 лет.

В результате исследований установлена пространственно-временная изменчивость максимальных скоростей ветра на территории Беларуси. Происходящие трансформации максимальных скоростей ветра имеют статистическую значимость. Также на формирования скоростей ветра в пределах исследуемой территории оказывает влияние рельеф и характер подстилающей земной поверхности.

# ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ МЕХАНИЗМЫ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С НАНОСАМИ В ЭКОСИСТЕМАХ

*Свистун К. А.*

*Магистр, младший научный сотрудник научно-исследовательской части  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, kasvistun@g.bstu.by*

## **Проблематика**

Русловые процессы в реках представляют собой сложные и динамичные системы, в которых взаимодействуют различные природные факторы. Эти процессы имеют ключевое значение для формирования береговой линии, распределения наносов и изменения гидрологических характеристик водоемов. Взаимодействие между русловыми процессами и наносами не только влияет на физическую структуру реки, но и существенно воздействует на экосистемы, обитающие в ее водах и на берегах.

Антропогенные факторы, такие как строительство дамб, добыча нерудных строительных материалов, изменение русла рек, застройка прибрежных зон и сельскохозяйственная деятельность, значительно влияют на русловые процессы и динамику наносов. Эти изменения могут приводить к эрозии берегов, ухудшению качества воды, потере биологического разнообразия, и других.

## **Цель работы**

Провести комплексный анализ механизмов взаимодействия русловых процессов и наносов в реках, а также оценить их влияния на экосистемы речных бассейнов.

## **Объект исследования**

Объектом исследования являются русловые процессы и наносы в р. Пина и р. Припять Пинского района, а также экосистемы, связанные с этими водными объектами.

## **Материалы и методы**

В рамках работы применяются следующие подходы.

Полевые исследования заключаются в выборе участков и полевых замерах. Выбираются несколько участков рек Пина и Припять, представляющих различные экосистемы и условия русловых процессов. На каждом из участков проводятся замеры физических параметров, таких как скорость течения, уровень воды и ширина русла.

Сбор образцов наносов и воды. Для анализа состава наносов отбираются пробы в разных участках русла, включая зоны с активной эрозией и отложением. Пробы отбираются на глубине до 30 см, чтобы охватить весь профиль отложений. Параллельно проводится забор проб воды из тех же участков для оценки химических параметров.

Лабораторные исследования состава наносов и физико-химические анализы воды. Пробы наносов подвергаются минералогическому, химическому и гранулометрическому анализу. Анализ проб воды проводится с использованием стандартных методов определения рН, электропроводности и содержания растворенных веществ.

Математическое моделирование русловых процессов. Для оценки влияния русловых процессов на динамику наносов используются специализированное программное обеспечение для моделирования гидродинамических процессов с применением уравнений малой воды и Навье-Стокса. Используются программный комплекс COMSOL Multiphysics и MIKE 3. Модели позволяют визуализировать изменения в русле и оценить последствия различных сценариев антропогенного воздействия.

Статистический анализ. Все собранные данные подвергаются статистическому анализу с использованием программного обеспечения (Python). Это позволяет выявить закономерности и зависимости между русловыми процессами, составом наносов и состоянием экосистем.

Данный комплексный подход обеспечивает получение надежных и многогранных данных, позволяющих глубже понять взаимодействие русловых процессов, наносов и экосистем в исследуемых реках.

### **Научная новизна**

Данное исследование вносит вклад в понимание механизмов взаимодействия русловых процессов и наносов в реках, а также их влияния на экосистемы. Научная новизна работы заключается в комплексном подходе, уникальных данных, анализе воздействия антропогенных факторов в районах исследуемых водных объектов и рекомендациях для управления экосистемами.

В отличие от предыдущих исследований, которые фокусировались либо на характеристиках русловых процессов, либо на составе наносов, данное исследование объединяет эти два аспекта. Такой подход позволяет получить более полное представление о динамике речной системы и ее взаимодействии с окружающей средой. Исследование основывается на полевых данных, собранных на различных участках р. Пина и р. Припять, что позволяет выявить специфику русловых процессов и структуры наносов в различных экологических условиях. Это дает возможность провести сравнительный анализ и выявить закономерности, характерные для конкретных экосистем. Работа подробно рассматривает механизмы, управляющие переносом и отложением наносов, а также их взаимосвязь с физическими и химическими характеристиками водной среды. В ходе исследования рассматриваются последствия антропогенной деятельности Пинского района на русловые процессы и экосистемы. Оценка влияния различных факторов, таких как изменение русла, строительство и сельскохозяйственная деятельность, предоставляет важные данные для экологического мониторинга и управления водными ресурсами. На основе полученных результатов разработаны практические рекомендации по управлению русловыми процессами и охране экосистем. Эти рекомендации могут быть использованы для разработки эффективных стратегий восстановления и сохранения речных экосистем в условиях растущей антропогенной нагрузки.

Данное исследование не только обогащает теоретическую базу в области гидрологии и экологии, но и предоставляет практические инструменты для управления речными экосистемами, что делает его актуальным и ценным для научного и практического сообщества.



### **Полученные научные результаты и выводы**

Установлено, что русловые процессы в р. Пине и р. Припяти характеризуются высокой изменчивостью, что зависит от сезонных колебаний уровня воды и скорости течения. Выявлены участки, наиболее подверженные эрозии и отложению наносов, что имеет важное значение для понимания динамики речной экосистемы. Анализ проб наносов показал, что их минералогический и химический состав варьируется в зависимости от места отбора и условий окружающей среды. В частности выявлено, что в участках с активной эрозией преобладают более крупные фракции, тогда как в зонах отложения – мелкие частицы, содержащие высокие уровни органических веществ. Исследование показало, что химические параметры воды, такие как содержание ионов кальция и хлоридов, а также уровень рН, имеют значительное влияние на состав наносов. Эти параметры также влияют на биоразнообразие экосистем, так как их изменения могут привести к изменению условий обитания водных организмов. Установлены четкие закономерности между русловыми процессами и распределением наносов. Например, увеличение скорости течения связано с более высоким уровнем эрозии берегов и увеличением концентрации крупных наносов. Это свидетельствует о том, что изменения в одном процессе могут значительно повлиять на другой. Выявлено, что антропогенные воздействия, такие как изменение русла, добыча нерудных строительных материалов и строительство, оказывают значительное влияние на русловые процессы и состояние экосистем. В некоторых участках отмечено снижение биоразнообразия и ухудшение качества воды, что требует разработки мер по охране и восстановлению этих территорий. На основе полученных данных разработаны рекомендации для устойчивого управления водными ресурсами, включая необходимость регулярного мониторинга состояния русел и экосистем, а также внедрения практик, направленных на минимизацию антропогенного воздействия.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПОРОХОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Суворова<sup>1</sup> Ю. А., Полякова<sup>2</sup> И. С., Назарова<sup>3</sup> Е. Г.*

<sup>1</sup> К. т. н., ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»  
Тамбов, Россия, [suvorova@mail.ru](mailto:suvorova@mail.ru)

<sup>2,3</sup> Магистранты ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Производство пороха представляет собой многоступенчатый процесс, включающий в себя стадии химического взаимодействия, измельчения, формования, сушки, растворения, пластификации и др. Предприятия по производству пороха

представляют определенную экологическую и промышленную опасность и требуют особого внимания при их проектировании и эксплуатации.

В процессе производства пороха используется сырье, относящееся к чрезвычайно- и высокоопасным веществам, оказывающим вредное воздействие на организм и окружающую среду. Производство характеризуется повышенной взрыво- и пожароопасностью, относится к поднадзорным опасным производственным объектам (ОПО). Кроме того, пороховое производство обладает повышенной водоемкостью.

На некоторых стадиях производства в процессе химических реакций образуются и выделяются в виде примесей вредные загрязняющие вещества, которые не используются в дальнейшем производственном цикле, а попадают в окружающую среду вместе с газовыми выбросами, сточными водами и твердыми отходами.

Основными газообразными загрязняющими веществами, поступающими в окружающую среду в результате деятельности порохового производства, являются кислые газы: оксиды азота, серы, углерода; пары и туман азотной и серной кислот; пары растворителей (этилового спирта и этилового эфира, этилацетата); хлористый водород. К жидким загрязняющим веществам относятся азотная и серная кислоты; в отходы попадают связующие, отвердители, пластификаторы. В процессе производства пороха может выделяться пыль тонкодисперсных твердых частиц: окислителей, горючих металлических порошков, окислов алюминия, целлюлозы и нитроцеллюлозы и др. Сточные воды порохового производства могут содержать различные компоненты порохов.

В процессе производства возникают отходы сырья, полуфабрикатов и специальной продукции, при уничтожении которых также выделяются вредные вещества. Так, в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходом, к отходам производства пороха относятся, например, отходы бария азотнокислого, отходы тринитротолуола, просыпи взрывчатых веществ на основе нитроаминов второго класса опасности, отходы и брак в производстве взрывчатых веществ в смеси, содержащие преимущественно взрывчатые вещества первого класса опасности и др.

Существуют риски возникновения аварийных ситуаций на пороховых производствах, при которых возможно попадание в окружающую среду залповых выбросов загрязняющих веществ в виде неочищенных газов и разливов токсичных продуктов, что может привести не только к локальному, но и региональному ухудшению экологической ситуации. В результате аварий на пороховых производствах в окружающую среду могут попасть хлор, аммиак, кислоты, продукты сгорания порохов и др.

По данным СМИ в октябре 2008 г. на ФКП «Казанский государственный казенный пороховой завод» произошел взрыв в цехе сушки пороха при погрузке готовой продукции. В марте 2016 г. на ФКП «Тамбовский пороховой завод» произошел взрыв и пожар в цехе помески и укупорки пороха. В январе 2021 г. на ФКП «Пермский пороховой завод» загорелись производственные отходы во время их погрузки в машину, огонь перекинулся на помещение, в результате воспламенилась хранившаяся на складе спецпродукция.

К основным причинам аварийности на таких предприятиях эксперты относят низкий уровень производственного контроля, недостаточный уровень квалификации работников, а также изношенность производственных фондов.

Таким образом, пороховое производство потенциально опасно для окружающей среды. Обеспечение экологической безопасности порохового производства – приоритетная цель природоохранных служб предприятия. Для достижения данной цели должны решаться следующие задачи: нормирование параметров вредного воздействия технологических процессов на окружающую среду; разработка мероприятий по сокращению и предупреждению вредного воздействия на окружающую среду; осуществление мониторинга экологических показателей окружающей среды, производственной сферы и организация контроля за выполнением намеченных мероприятий и планов; постоянное совершенствование системы управления охраной окружающей среды, осуществление мониторинга условий труда и проведение аттестации рабочих мест и организация контроля за выполнением намеченных мероприятий и планов по улучшению условий труда; разработка мероприятий по улучшению условий труда на рабочих местах.

Для снижения количества вредных загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду от пороховых производств, разрабатываются технологии утилизации опасных отходов пороховых производств. Например, в работе [2] нитроцеллюлозные шламы, образующиеся при производстве пороха, предложено окислять специальным биопрепаратом в прудах-накопителях. В патенте [3] из безвозвратных отходов порохового производства авторами предложено изготавливать топливные брикеты путем их смешения со связующим с дальнейшим формованием.

Соблюдение законодательных норм в области защиты окружающей среды и в области промышленной безопасности при проектировании и эксплуатации предприятия, совершенствование организации производственного экологического контроля, а также разработка и внедрение инновационных технологий переработки отходов, минимизация рисков возникновения аварий на ОПО, модернизация основных производственных фондов, газоочистного оборудования позволят обеспечить экологическую безопасность пороховых производств.

### **Список использованных источников**

1. Забелин, Л. В. Защита окружающей среды в производстве порохов и твердых ракетных топлив / Л. В. Забелин, Р. В. Гафиятуллин, Г. Э. Кузьмицкий. – М. : ООО «НедраБизнесцентр», 2002. – 174 с.

2. Савиных, Д. Ю. Биообезвреживание отходов порохового производства на Режевском химзаводе в Свердловской области / Д. Ю. Савиных, А. В. Тарабара // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2021. – № 3. – С. 18–26. – DOI: 10.15593/2409-5125/2021.03.02.

3. Патент РФ 2012110846. Белов И.В., Ибрагимов Н.Г., Иванова И.П. и др. Способ изготовления топливных брикетов – 2013 г.

# ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С КАРТОГРАФИРОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

*Хлывнюк А. Р.*

*Магистрант кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, alexandrakhlyvnyuk@gmail.com*

## **Введение**

Картографирование природных ресурсов играет ключевую роль в создании информационного пространства, связанного с природными ресурсами. Это обеспечивает основу для анализа и визуализации данных, а также предоставляет методологию для решения задач в области природопользования. Карты природных ресурсов отражают условия и компоненты природной среды, которые используются для удовлетворения материальных и духовных потребностей общества.

## **Материалы и методы**

В качестве материалов используются данные мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. Основным методом исследования является картографирование.

## **Результаты и обсуждение**

В Республике Беларусь действует значительное количество государственных и ведомственных организаций, занимающихся сбором и систематизацией данных о состоянии природных компонентов окружающей среды. В современном мире, где доступно огромное количество разноплановых сведений о природных ресурсах, важно улучшить качество информационного обеспечения рационального использования природных богатств. Оно должно быть одновременно информативным, быстрым в создании и удобным для пространственного моделирования и анализа данных.

Основные проблемы, связанные с картографированием, следующие:

1. Данные и точность: построение карт природных ресурсов на основе неточных данных может вызывать множество проблем, которые могут негативно сказаться на управлении и рациональном использовании ресурсов. Неточные данные могут привести к неверным выводам о состоянии и распределении природных ресурсов. В связи с этим карты, основанные на недостоверных данных, нуждаются в пересмотре. Необходимость пересмотра карт и повторного сбора данных может потребовать дополнительных ресурсов и времени.

2. Масштаб и детализация: при выборе масштаба карты возникает компромисс между обобщением информации и ее детализацией. На картах, где не хватает детализации, могут быть упущены важные особенности природных ресурсов, такие как качественные характеристики, состояние экосистем и т. д. Неверное определение масштаба карты может привести к ошибкам в управлении природными ресурсами.

3. Изменение природных ресурсов: природные ресурсы подвержены изменениям из-за климатических изменений, экосистемных изменений или человеческой деятельности. Это затрудняет создание стабильной карты. Изменения

в экосистемах, такие как истощение ресурсов, загрязнение или изменения климата, могут привести к быстрой изменчивости данных. Постоянные изменения могут привести к непредсказуемым исходам, делая оценку и предсказание состояния ресурсов более сложными.

4. Технические ограничения: технологии, используемые для съемки и мониторинга, могут иметь низкую пространственную разрешающую способность, что затрудняет отображение мелких объектов или характеристик. Обработка больших объемов информации может потребовать значительных вычислительных ресурсов, которые могут быть недоступны. Сбои в работе оборудования, неполадки в программном обеспечении или проблемы со связью могут стать причиной утраты информации или замедления ее обработки. Некоторые ГИС и другие картографические системы могут быть сложными для пользователей без технической подготовки, что ограничивает их использование.

5. Разнообразие природных ресурсов: Различные категории природных ресурсов (водные, минеральные, лесные и другие) имеют различные характеристики и способы использования, что приводит к необходимости использования различных методов картографирования для каждого типа. Природные ресурсы могут быть неравномерно распределены, что затрудняет создание карт, которые точно отражают доступность и состояние ресурсов в различных регионах.

### **Заключение**

Вышеназванные проблемы требуют многостороннего подхода к решению, включая улучшение технологий, сотрудничество между государственными, частными и научными учреждениями, а также активное вовлечение местных сообществ.

Пути решения проблем, связанных с картографированием природных ресурсов:

- использование современных технологий, таких как спутниковая съемка, дронов и ГИС, для получения более точных и актуальных данных о природных ресурсах;

- регулярная проверка собранных данных на достоверность с использованием независимых источников и методов;

- установление системы регулярного обновления карт с учетом новых исследований, изменений в экосистемах и других факторов;

- открытый доступ к данным и методам их сбора позволяет повысить уровень осведомленности и вовлеченности всех заинтересованных сторон, что, в свою очередь, может способствовать более ответственному использованию природных ресурсов;

- обучение специалистов в области картографирования, экологии и других смежных областях для повышения их компетентности в работе с разнообразными типами природных ресурсов.

Внедрение этих решений поможет преодолеть проблемы и повысит качество картографирования природных ресурсов, что положительно скажется на их управлении и оценке.

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЭЦ

*Хорохорина<sup>1</sup> И. В., Туманова<sup>2</sup> А. Н.*

<sup>1</sup> Д.т.н., доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
Тамбов, Россия, kotelnikovirina@yandex.ru

<sup>2</sup> Магистрант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»  
Тамбов, Россия, nastyonochcka@mail.ru

Теплоэлектростанции (ТЭС) являются основными потребителями воды среди промышленных объектов [1–4]. На долю ТЭС приходится более 90 % общего промышленного водопотребления. Аналогичная ситуация и по водоотведению. Поэтому проблема минимизации содержания загрязнений в сточных водах является весьма актуальной. Загрязнения сточных вод представлены растворимыми в воде соединениями (например, хлориды, сульфаты, нитриты) и нерастворимыми (ионы металлов, взвешенные вещества).

В таблице 1 показан примерный состав сточных теплообменных вод теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).

*Таблица 1 – Примерный состав сточных теплообменных вод теплоэлектроцентрали (ТЭЦ)*

№	Наименование ингредиента	Максимальная концентрация, мг/дм <sup>3</sup>
1	Водородный показатель рН	9,7
2	БПК <sub>5</sub>	8,1
	БПК <sub>пол</sub>	11,583
3	Взвешенные вещества	45,6
4	Сухой остаток	610
5	Нитриты	0,09
6	Гидразин	отсутствует
7	Хлориды	76
8	Сульфаты	129
9	Железо общее	0,53
10	Нефтепродукты	0,12
11	Азот аммонийный / Ион аммония	1,8 / 2,32
12	Фосфаты / фосфор фосфатов	2,6 / 0,848

Превышения нормативов допустимых сбросов в сточных водах ТЭЦ отмечены по взвешенным веществам, биологическому потреблению кислорода, нефтепродуктам, железу, сульфатам, нитритам, фосфатам, аммонийному азоту.

Для предотвращения роста негативного влияния на окружающую среду, снижения расходов сбрасываемой воды и содержания в сбросах загрязняющих веществ был рассмотрен переход на наилучшие доступные технологии (НДТ), которые отвечают Концепции устойчивого развития (постановление Правительства РФ от 21 сентября 2021 г. № 1587 «Об утверждении критериев

проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации»).

Одной из альтернативных технологий для поставленных задач является обратный осмос (ОО). Это метод очистки воды, при котором раствор проходит под давлением через специальную синтетическую мембрану, где задерживаются до 99 % минеральных солей и примесей. Обратный осмос относится к наиболее перспективным и широко применяемым методам очистки и подготовки воды.

Пермеат – деминерализованная вода, получаемая ОО, которая по содержанию примесей годится в качестве добавочной воды для котлов среднего давления. Для барабанных котлов высокого давления требуется ее доочистка. После доочистки пермеат может использоваться в качестве добавочной воды для установленных котлов. Концентрат – содержит поступающие на установку обратного осмоса (УОО) вещества в повышенной концентрации. При коэффициенте преобразования (отношение расхода пермеата к расходу исходной воды), равному 70–75 % (в представленной УОО) концентрация веществ в концентрате в четыре раза выше, чем в исходной воде. В дальнейшем концентрат без дополнительной обработки может направляться в теплотель.

Методы промышленного обратного осмоса требуют использования заранее подготовленной воды, которая предварительно подвергается очистке от механических примесей и умягчается.

*Таблица 2 – Расчетное качество пермеата и концентрата при подаче на УОО осветленной воды после осветлителя и механических фильтров*

	Содержание загрязняющих веществ мг/дм <sup>3</sup>		
	Осветленная вода	Пермеат	Концентрат
Cl	33,535	0,50	133,65
Ca	16,706	0,10	66,56
Mg	6,25	0,04	24,90
NO <sub>3</sub>	8,381	0,90	30,83
NH <sub>4</sub>	0,384	0,06	1,48
SO <sub>4</sub>	61,85	0,30	246,61
Na	56,137	1,33	221,85
SiO <sub>2</sub>	6,026	0,03	24,03
Солесодержание	180,45	3,42	72,021
Взвешенные	0,428	0	1,62

Замена проточного ионного обмена на противоточный также является переходом на НДТ. Спецификой проточного ионирования является пропуск в одном направлении исходной воды и регенерационного раствора.

Эффект улучшения качества фильтрата и снижения расхода реагентов при противотоке достигается за счет того, что в первую очередь свежим раствором регенерируются наименее загрязненные выходные слои смолы. При этом избыток реагента в этих слоях, обеспечивающий глубину очистки воды, превышает расчетные в несколько раз. Кроме того, по мере продвижения регенерационного раствора в более истощенные слои создается равновесие между концентрацией

десорбируемых ионов в растворе и слое, что исключает нежелательные повторные процессы сорбции-десорбции, характерные для прямотока.

### Список использованных источников

1. Потапкина, Е. Н. Основные направления сокращения водопотребления и сброса сточных вод при работе ТЭС / Е. Н. Потапкина // Альманах мировой науки. – 2020. – № 5(41). – С. 6–8.

2. Седлов, А. С. Комплексная малоотходная ресурсосберегающая технология подготовки воды на Казанской ТЭЦ-3 / А. С. Седлов, В. В. Шищенко, И. А. Закиров // Теплоэнергетика. – 2004. – № 12. – С. 19–22.

## ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

*Шешко<sup>1</sup> Н. Н., Кухаревич<sup>2</sup> М. Ф.*

*<sup>1</sup> К.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, optimum@tut.by*

*<sup>2</sup> Магистр, аспирант кафедры природообустройства  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, kukharevichmikhail@gmail.com*

Вода – это одно из ключевых веществ, обеспечивающих существование экосистем на нашей планете. Она активно участвует в биогеохимических циклах и различных физико-химических процессах. Любые изменения состояния вод оказывают существенное влияние на состояние природных систем. Одним из наиболее важных факторов, определяющих устойчивость водных экосистем, является термический режим. Изучение закономерностей его формирования и изменения позволяет глубже понять механизмы функционирования водных экосистем, а также разработать эффективные стратегии для адаптации природных и хозяйственных систем к изменяющимся условиям окружающей среды.

Цель данного исследования заключается в предоставлении и актуализации данных о термическом режиме рек Белорусского Полесья.

*Внутригодовой ход температур воды* за 1951–2020 гг. и за периоды относительно 1988 г. имеет ярко выраженную сезонную изменчивость, аналогичную изменчивости температуры воздуха (рисунок 1). Так отмечается стремительный рост температур воды в весенний период, резкое снижение в осенний период и плавные изменения летом и зимой. Максимальные среднемесячные температуры воды фиксируются в июле и составляют 19.61–20.84°C (1951–2020 гг.), 19.61–21.14 (1951–1987 гг.) и 20.35–22.54 (1988–2020 гг.).



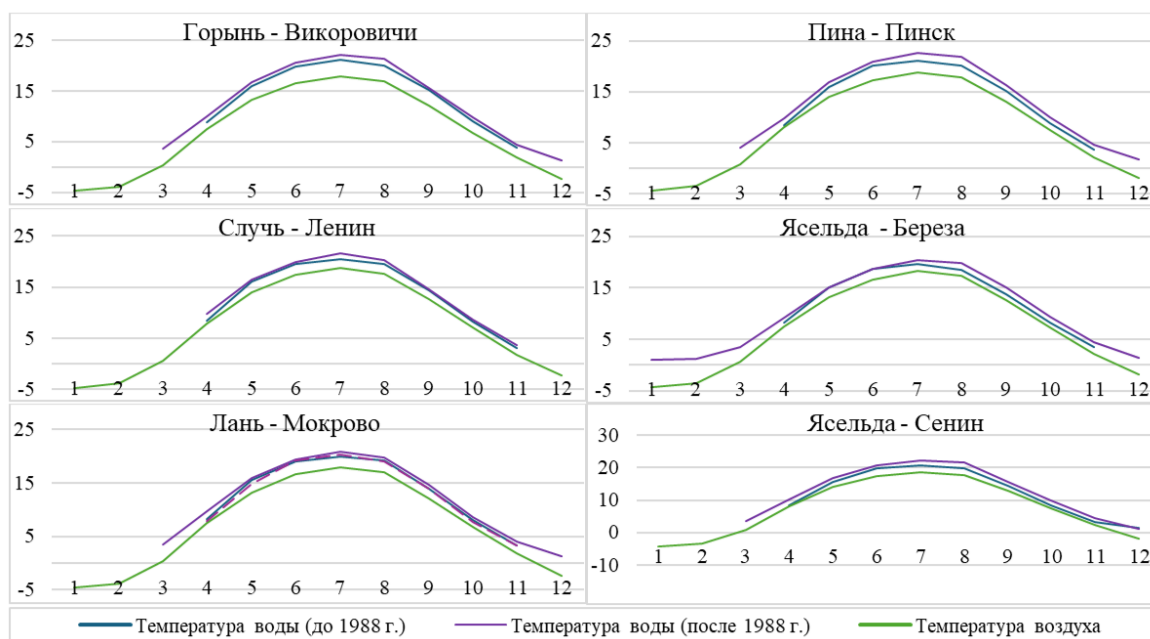


Рисунок 1 – Внутригодовой ход температур вод и воздуха

Многолетний ход температур воды синхронен ходу температур воздуха и характеризуется отсутствием экстремально холодных или теплых годов. Температуры воды колеблется в пределах постоянного диапазона и составляют в среднем за весь период 16.12–17.44°C. Относительно 1988 г. хорошо отмечается общее повышение температур воды, так если до 1988 г. температура составляла 15.83–16.89°C, то после 1988 г. – 16.39–18.10°C.

За период 1951–2020 гг. отмечается значимый тренд (рисунок 2) в 0.013–0.031°C при ежегодном росте температуры воздуха в 0.021–0.06°C. Наименьший прирост температуры наблюдается для гидропоста Ясельда – Береза, что связано с ослаблением потепления вод расположенным рядом с постом водохранилищем, влияющим на термический режим реки. До 1988 г. у большинства рек отсутствует тренд, что также отмечается и для температуры воздуха. После 1988 г. существенные значимые положительные тренды наблюдаются для температур воды и воздуха для всех гидропостов (0.044–0.085°C) и метеопостов (0.055–0.068°C), что определило всю тенденцию для хода температур периода 1951–2020 гг.

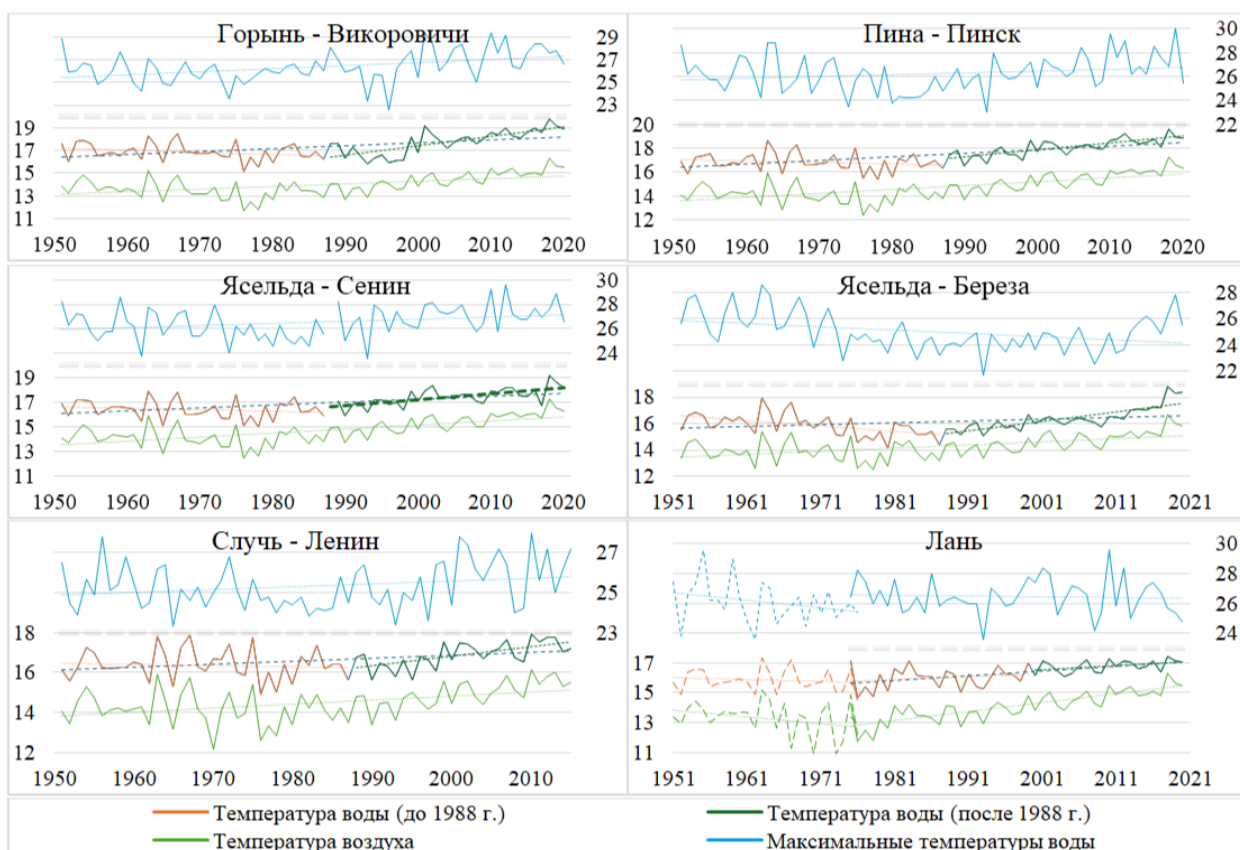


Рисунок 2 – Многолетний ход максимальных температур вод, средних за теплый период температур воды и воздуха

Многолетний ход максимальных температур воды в значительной степени идентичен ходу усредненных за теплый период года температур и также характеризуется отсутствием аномальных значений. Однако трендовый анализ многолетней изменчивости показывает менее однозначный характер (рисунок 2). Так значимые положительные тренды установлены только для гидропостов Ясельда – Сенин ( $0.018^{\circ}\text{C}$ ) и Горынь Викоровичи ( $0.027^{\circ}\text{C}$ ), значимый отрицательный для Ясельда – Береза ( $-0.026^{\circ}\text{C}$ ), обусловленный, влиянием в. Селец. В период до 1988 г. у половины гидропостов наблюдается значимый тренд от  $-0.088^{\circ}\text{C}$  до  $-0.033^{\circ}\text{C}$ . После 1988 г. значимый тренд величиной в  $0.060$ – $0.066^{\circ}\text{C}$  отмечается также лишь для части постов – это посты Горыни, Пины и Ясельды (Береза).

Переход температур воды через  $0.2^{\circ}\text{C}$  весной 1951–2020 гг. отмечает преимущественное наступление перехода в 1–2 декаду марта. Весенний переход в период до 1988 г. отмечался во 2–3 декады марта, а в период после 1988 г. – в 3 декаду февраля – 1 декаду марта. Осенний переход температур через  $0.2^{\circ}\text{C}$  за 1951–2020 гг. отмечается в среднем во 2–3 декады декабря. В тоже время за 1951–1987 гг. осенний переход выпадал на 1 декаду декабря, а за 1988–2020 гг. – уже на 2–3 декаду декабря. Максимальные температуры воды наблюдались зачастую в 1–2 декаду июля, как за 1951–2020 гг., так и для периодов относительно 1988 г.

**МИКРОКОНТАКТНАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ  
КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ ЗИБЕЛЯ И КУЛОНА**

**Барсуков<sup>1</sup> В. Г., Веремейчик<sup>2</sup> А. И.**

<sup>1</sup> Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры машиноведения и технической эксплуатации автомобилей УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь  
v.g.barsukov@grsu.by

<sup>2</sup> Кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vai\_mrtm@bstu.by

Трение играет существенную роль не только в механике машин и механизмов, но также и при обработке давлением твердых и дисперсных материалов. В последнем случае оно определяет силовые и энергетические параметры процессов деформирования, неоднородность напряженно-деформированного состояния и влияет на неравномерность распределения показателей физико-механических свойств получаемых изделий. Несмотря на важность проблемы трения, многие ее аспекты изучены недостаточно, что обусловлено сложностью протекающих в зоне фрикционного контакта явлений. Все это затрудняет возможность выполнения триботехнических или триботехнологических расчетов.

В литературе используется достаточно большое количество расчетных моделей, которые с тех или иных позиций устанавливают взаимосвязь между нормальным и тангенциальным напряжением в зоне контакта, площадью фактического контакта и свойствами материала [1–3]. Теоретические исследования основаны преимущественно на законе трения Амонтона – Кулона, который устанавливает линейную (через коэффициент  $f$ , называемый далее коэффициент трения Кулона) зависимость удельных сил трения  $\tau$  от давления  $p$  в зоне контакта. В обработке металлов давлением применяется также подход, основанный на законе пластического трения Зибеля, согласно которому удельные силы трения не зависят от контактного давления, а составляют некоторую часть (вычисляемую через коэффициент  $m$ , называемый также фактором трения) от предела текучести материала на сдвиг. Известны также нелинейные зависимости удельных сил трения от давления, согласующиеся в области низких давлений с законом трения Амонтона – Кулона, а в области высоких давлений – с моделью пластического трения Зибеля. Обзор этих исследований приведен в работе [1]. Вместе с тем, из опубликованных работ не ясно, существует ли взаимосвязь коэффициента (или фактора) трения Зибеля с коэффициентом трения Кулона.

Цель работы – на основе микромеханического моделирования параметров упругопластического контактного взаимодействия выступов шероховатости поверхностей с использованием адгезионной теории трения установить взаимосвязь коэффициентов трения Зибеля и Кулона. Методика исследований включала теоретическое обоснование взаимосвязи коэффициентов трения Зибеля и Кулона с использованием микроконтактной модели упругопластического деформирования шероховатых поверхностей и адгезионной теории трения, основанной на выдвинутом Ф. П. Боуденом и Д. Тейбором положении о том, что вступающие в контакт неровности образуют «мостики схватывания» благодаря адгезии на пятнах контакта [4]. Шероховатости моделировались сферическими микровыступами. На основе принятой модели микроконтактного взаимодействия определены силовые параметры перехода от стесненного упругопластического деформирования к свободному пластическому течению с учетом действия закона трения Зибеля на модельных пятнах касания. Выполнен переход от контактных давлений и удельных сил трения на единичных пятнах касания к осредненным номинальным давлениям и удельным силам трения. Получена аналитическая зависимость, связывающая коэффициенты трения Зибеля и Кулона, а также коэффициент Пуассона наиболее мягкого материала пары трения.

На примере углеродистых и легированных сталей, а также цветных металлов и сплавов произведена расчетная оценка взаимосвязи коэффициентов трения Зибеля и Кулона для широкого диапазона изменения коэффициента Пуассона. Выполнены оценочные расчеты коэффициентов трения Кулона для широкого диапазона изменения коэффициентов пластического трения Зибеля и коэффициента Пуассона. Диапазон изменения коэффициентов Пуассона принят в соответствии с имеющимися в литературе данными для углеродистых ( $\nu = 0,24 - 0,28$ ) и легированных ( $\nu = 0,25 - 0,30$ ) сталей, а также меди и бронзы ( $\nu = 0,31 - 0,35$ ). Для оценочных расчетов коэффициента пластического трения Зибеля  $\mu_s$  выбран диапазон  $\mu_s = 0,45 \dots 0,577$ , верхнее значение которого ( $\mu_s = 0,577$ ) соответствует идеальному контакту ювенильных поверхностей, когда реализуется условие сдвига по Прандтлю. Меньшие значения  $\mu_s$  соответствуют условию существования на контактной поверхности окисных пленок и адсорбированных слоев. Рассчитанные оценочные значения коэффициентов трения Кулона для сталей и цветных металлов находятся в диапазоне, который согласуется с имеющимися экспериментальными данными для сухого трения гладко обработанных (полированных) поверхностей. Так, для сухого трения сталей конструкционных коэффициенты трения скольжения гладко обработанных (полированных) несмазанных поверхностей составляют  $f = 0,16 - 0,20$ , а для трения пары сталь-бронза этот коэффициент находится в диапазоне  $f = 0,10 - 0,14$ . Согласование экспериментальных и расчетных оценочных значений свидетельствует о корректности принятой расчетной схемы и полученных на ее основе результатов. Проведенные исследования позволяют решать другую трудоемкую и методически сложную для иных расчетных схем обратную задачу – производить расчетную оценку коэффициента и «фактора» трения Зибеля по известным значениям коэффициентов трения Кулона и коэффициента Пуассона.

Результаты исследований могут быть использованы в учебном процессе при изучении триботехнических дисциплин, а также в инженерной и научно-исследовательской практике.

### **Список использованных источников**

1. Барсуков, В. Г. Трибомеханика дисперсных материалов. Технологические приложения / В. Г. Барсуков, Б. Крупич. – Гродно : ГрГУ, 2004. – 240 с.
2. Mroz, Z. Constitutive model of adhesive and ploughing friction in metal - forming processes / Z. Mroz, and S. Stupkiewicz – Int. J. Mech. Sci. – 1998. – Vol. 40. – pp. 281–303.
3. Wagoner R.H., Chenot J-L. Fundamentals of Metal Forming, – NY: John Wiley, 1997 – 389 p.
4. Bowden F. P. and Tabor D. Friction and Lubrication of Solids / F. P. Bowden and Tabor D. – London : Oxford University Press, 1954. – 424 p.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ ФИЗИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ**

*Кушнер<sup>1</sup> Т. Л., Ворсин<sup>2</sup> Н. Н., Гладышук<sup>2</sup> А. А.*

*<sup>1</sup>к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой физики, БрГТУ  
г. Брест, Республика Беларусь phys@bstu.by*

*<sup>2</sup>к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры физики, БрГТУ, г. Брест, Республика Беларусь*

Одной из основных задач, стоящих перед техническими университетами, является формирование контингента инженеров, способных создавать и развивать высокотехнологичную экономику. Необходимым условием решения этой задачи является инновационность образования. Под этим термином следует понимать формирование специалиста, способного осуществлять инженерную деятельность новейшими, актуальными в настоящее время методами и средствами. Современность образования обеспечивается в том числе использованием в учебном процессе результатов научных исследований и разработок преподавателей, привлечением студентов к научно-исследовательской работе [1].

Физика по-прежнему сохраняет роль фундамента естествознания, определяя стиль и уровень научного мышления человечества. Именно физика наиболее полно выражает способность человеческого разума к анализу сложных ситуаций, введению языка для их описания, выявлению фундаментальных качественных и количественных аспектов и доведению уровня понимания до возможности предсказания, характера и результатов развития во времени. В процессе изучения физики происходит формирование научного типа мышления, которое является

универсальным, обеспечивает объективность результатов в любой деятельности. Кроме дисциплины «Физика» на одноименной кафедре учреждения образования «Брестский государственный технический университет» преподаются и другие закрепленные за ней дисциплины. В прежние годы для студентов специальности «Промышленная электроника» преподавались дисциплины «Физические основы электронной техники», «Физические основы промышленной электроники». В последние два года набор студентов осуществляется на специальность «Электронные системы и технологии», для которой в учебных планах предусмотрена дисциплина «Физико-химические основы микро- и наноэлектроники».

Как на стадии образования по дисциплине «Физика», так и при обучении общепрофессиональным дисциплинам преподаватели стараются закладывать в знания учащихся результаты научно-исследовательской деятельности в контексте изучаемых тем. Несомненно, в этом случае полезным является собственный опыт преподавателей в проведении научных работ, что позволяет при чтении лекций, например, рассматривать некоторые важные результаты исследований и перспективы их применения [2].

В парадигме системы высшего образования Республики Беларусь научно-исследовательская работа является неотъемлемой частью деятельности преподавателя. В настоящее время на кафедре физики ведутся научные исследования в рамках ГПНИ «Фотоника и оптоэлектроника для инноваций». Кафедра сотрудничает с государственным научным учреждением «Институт физики имени Б. И. Степанова Национальной академии наук Беларуси» при выполнении задания «Разработка и исследование технологий роста нитридных гетероструктур технологий изготовления компонентов и устройств опто-, СВЧ- и силовой электроники на основе полупроводниковых материалов и структур». Темой исследований преподавателей кафедры является «Моделирование физических процессов в р-і-п и Шоттки диодах и транзисторах на основе гетероструктур AlGaIn».

Очевидно, что, кроме использования результатов научных исследований в учебном процессе, необходимым атрибутом развития образования в области технических дисциплин является постоянное обновление лабораторного практикума. С целью оснащения лабораторий, в которых проходят занятия по дисциплине «Физико-химические основы микро- и наноэлектроники», закупалось как готовое оборудование традиционных производителей, так и разрабатывалось собственное в рамках научно-исследовательских работ. Дальнейшее развитие идет как в направлении разработки новых учебных модулей, так и оснащения базовых вариантов средствами и устройствами, расширяющими их функциональные и дидактические возможности [3].

При реализации программы высшего образования по дисциплине «Физико-химические основы микро- и наноэлектроники» важным аспектом является внедрение результатов научных исследований в учебный процесс, что способствует повышению качества подготовки специалистов в области электроники. Так, на лекционных занятиях студенты имеют возможность познакомиться с некоторыми итогами научно-исследовательских работ, выполняемых на кафедре физики. Отмечается, что применение моделирования на этапе подготовки опытных образцов,

элементной базы электроники, является эффективным. Моделирование и оптимизация играют существенную роль в технологии при создании новых материалов, гетероструктур, электронных устройств на их основе [4–6].

Для будущего инженера немаловажным является способность выполнять работу квалифицированно и в установленные сроки. Развивать необходимые для этого качества у обучающихся помогает разработанная на кафедре рейтинговая система оценки знаний студентов [7]. В применении такой системы преподаватели кафедры были первыми не только в университете, но и, наверное, в Республике Беларусь [8]. Полученные результаты научных исследований, внедренные в учебный процесс, несомненно, способствуют повышению качества подготовки специалистов [9].

### Список использованных источников

1. Чугунов, А. С. Моделирование распределения концентрации носителей в НЕМТ-транзисторах на основе GaN / А. С. Чугунов, С. В. Чугунов // Актуальные вопросы физики и техники : матер. VIII Республ. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов, Гомель, 25 апреля 2019 г. / редкол.: Д. Л. Коваленко (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2019. – С. 151–153.

2. Кушнер, Т. Л. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны полупроводников  $\text{CuIn}_3\text{Se}_5$ ,  $\text{CuGa}_3\text{Se}_5$  и  $\text{CuGa}_5\text{Se}_8$  / Т. Л. Кушнер, С. В. Чугунов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2006. – № 5. – С. 95–99.

3. Ворсин, Н. Н. Модернизации учебного лабораторного практикума по физике / Н. Н. Ворсин, Т. Л. Кушнер // Информационные и инновационные технологии в науке и образовании : сб. матер. V Всероссийской науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию Таганрогского ин-та им. А. П. Чехова, Таганрог, 28–29 октября 2020 г. – в 2 ч. / Таганрогский ин-т им. А. П. Чехова. – Таганрог. – 2020. – Ч. 1. – С. 35–39.

4. Моделирование и разработка AlGaN p-i-n фотодиодов / Н. Н. Ворсин [и др.] // Вестник БрГУ имени А.С. Пушкина (физика, математика, информатика). – 2020. – № 5 (107). – С. 5–14.

5. Modeling AlGaN p-i-n photodiodes / N. Vorsin [et al.] // Доклады БГУИР. – 2021. – Т. 19, № 8. – С. 50–57.

6. Моделирование и разработка AlGaN гетеропереходного полевого транзистора / Н. Н. Ворсин [и др.] // Вестник БрГТУ. – 2023. – № 1 (130). – С. 76–82.

7. Гладковский, В. И. Воспитательные функции рейтинговой системы оценки знаний / В. И. Гладковский, А. А. Гладышук, И. М. Панасюк // Высшая школа: состояние и перспективы : тез. докл. 2-й Междунар. науч.-метод. конф. – Минск, 1997. – С. 35.

8. Гладковский, В. И. Рейтинговая система оценки знаний по физике – средство активизации учебного процесса / В. И. Гладковский ; Брест. политехн. институт. – Брест, 1990. – 20 с.

9. Гладковский, В. И. Системные резервы повышения качества подготовки специалистов / В. И. Гладковский // Высшая школа. – 2000. – № 4. – С. 17–18.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ

*Лихацевич<sup>1</sup> А. П., Малышко<sup>2</sup> А. В.*

*докт. техн. наук, профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, гл. научн. сотр.  
РУП «Институт мелиорации», Минск, Беларусь, alikhatsevich@mail.ru*

*зав. отделом минерального питания РУП «Научная станция по сахарной свекле»  
Несвиж, Беларусь, malyschko@mail.ru*

Анализ требований к математическому моделированию, изложенных в справочной литературе, позволил сформулировать общее определение: обобщенная математическая модель объекта исследований – это математическое выражение, построенное с соблюдением баланса размерностей, содержательно отражающее свойства изучаемого объекта и количественные связи, его характеризующие. Каждый элемент математической модели, включая численные коэффициенты, должен иметь объяснимое физическое содержание.

Рассмотрены разные математические модели урожайности в виде дифференциальных уравнений с поэтапно рассчитываемым приростом урожайности культуры в процессе вегетации, предлагаемые известными учеными: академиком С. Ф. Аверьяновым и его учеником В. В. Шабановым (Россия, 1973), академиком Г. И. Афанасиком (Беларусь, 1977), профессором В. А. Поповым (Россия, 1997), профессором Л. В. Кирейчевой и ее учеником А. В. Ромко (Россия, 2007). Однако все эти модели до настоящего времени не получили какого-либо применения при статистической обработке как опытных, так и производственных данных урожайности. Об этом свидетельствуют более поздние работы, в которых используются модели урожайности в виде обычных эмпирических уравнений, построенные с привлечением эмпирико-статистических методик обработки данных опыта.

Оценивая подобный эмпирический подход, некоторые исследователи считают, что при любом коэффициенте детерминации такие эмпирические уравнения не являются действительными моделями исследуемого процесса, поскольку не имеют физического смысла, а представляют собой лишь формальное математическое сглаживание данных конкретных экспериментов. Использовать эти эмпирические формулы можно только в пределах конкретного опыта (участка, поля), где получены исходные данные для анализа. Однако учитывая то, что в настоящее время в агротехнологической науке не завершено формирование терминологии в области моделирования, полагаем, что связь урожайности сельскохозяйственных культур с урожаяформирующими факторами, представляемую в виде алгебраических полиномов, не имеющих так называемого «физического смысла», все же можно называть частными математическими моделями.

Исходя из требования обязательной опоры математического моделирования объекта исследований на относящийся к нему общий физический закон, в качестве методологической основы моделирования урожайности нами использован



физический принцип баланса причинно-следственных взаимодействий в замкнутой физической системе (causal interaction). Формальным выражением данного физического принципа применительно к модели урожайности является дифференциальное уравнение в частных производных

$$\frac{\partial Y}{\partial R_i} = \alpha_i f_i \left( \frac{Y}{R_i} \right) \frac{g_i(R_i)}{h_i(R_{i(extr)})}, \quad (1)$$

где  $\partial Y/\partial R_i$  – частная производная урожайности ( $Y$ ) по  $i$ -му урожаеформирующему фактору ( $R_i$ ), соответствующая интенсивности изменения  $Y$  при изменении  $R_i$ , при условии, что другие факторы (аргументы функции) не изменяются;  $Y$  – урожайность;  $R_i$  – обобщенное представление  $i$ -го урожаеформирующего фактора;  $\alpha_i$  – безразмерный коэффициент, характеризующий восприимчивость урожая к действию  $i$ -го фактора;  $f_i(Y/R_i)$  – функция, характеризующая реакцию урожайности на влияние  $i$ -го фактора в пределах рассматриваемого диапазона его воздействия;  $g_i(R_i)$  – функция, характеризующая величину стресса растений при отклонении  $i$ -го фактора ( $R_i$ ) от оптимального уровня ( $R_{opt}$ );  $h_i(R_{i(extr)})$  – функция, характеризующая экстремальный стресс от воздействия  $i$ -го фактора, приводящий к потере урожая.

Решение (1) получено в виде мультипликативной функции, которая является простейшей моделью урожайности

$$\frac{Y}{Y_{max[n]}} = \left[ 1 - a_1 \left( \frac{R_{1(opt)} - R_1}{R_{1(opt)} - R_{1(0)}} \right)^2 \right] \left[ 1 - a_2 \left( \frac{R_{2(opt)} - R_2}{R_{2(opt)} - R_{2(0)}} \right)^2 \right] \dots \left[ 1 - a_n \left( \frac{R_{n(opt)} - R_n}{R_{n(opt)} - R_{n(0)}} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где  $Y$  – фактическая урожайность;  $a_1, a_2, a_n$  – коэффициенты, характеризующие степень влияния на урожайность 1-го, 2-го, ...  $n$ -го урожаеформирующих факторов, соответственно (безразмерные величины);  $R_{1(opt)}, R_{2(opt)}, R_{n(opt)}$  – оптимальные количества 1-го, 2-го, ...  $n$ -го урожаеформирующих факторов, соответственно, при которых достигается максимум урожайности;  $R_{1(0)}, R_{2(0)}, R_{n(0)}$  – количества 1-го, 2-го, ...  $n$ -го урожаеформирующих факторов, соответственно, при которых урожай не формируется.

Справедливость формулы (2) подтверждена 13-летними данными (2011–2023 гг.), полученными на Молодечненской ГСХУ при сортоиспытании сахарной свеклы (гибрид NZ-тип). В исходной информации помимо урожайности сахарной свеклы присутствовали семь урожаеформирующих факторов: рН, гумус (G),  $K_2O$ ,  $P_2O_5$ , NPK, среднесуточные температуры воздуха и атмосферные осадки, которые являются показателем тепло- и влагообеспеченности растений. Анализ показал, что иерархию влияния урожаеформирующих факторов, начиная от главного фактора и завершая наименее значительным, можно представить последовательностью:

$$G \rightarrow K_2O \rightarrow NPK \rightarrow t(VI) \rightarrow S(V-VII) \rightarrow P_2O_5 \rightarrow pH. \quad (3)$$

Как видим, четверка из важнейших агрохимических показателей почвы (рН, гумус (G),  $K_2O$ ,  $P_2O_5$  и вносимых NPK выстраивается для сахарной свеклы вполне однозначно:

$$G \rightarrow K_2O \rightarrow NPK \rightarrow P_2O_5. \quad (4)$$

Расчеты по (2) с использованием очередности (4) показали, что урожайность сахарной свеклы, возделываемой в условиях Молодечненской ГСХУ, можно прогнозировать в начале вегетационного периода с точностью  $R^2 = 0,94$  при среднеквадратическом отклонении значений прогнозируемой урожайности от фактической около  $\pm 2,7$  т/га. Результаты расчета будут справедливы в ограниченной области значений урожаяформирующих факторов и урожайности, установленных по методике планирования эксперимента (таблица).

*Таблица – Граничные значения урожайности и урожаяформирующих факторов (допустимый интервал варьирования)*

Показатели		Y <sub>изм.</sub> , т/га	Агрохимические показатели почвы			NPK, кг д. в./га	Ср. сут. температ., °С  VI	Атмосферные осадки, мм  V-VII
			G, %	K <sub>2</sub> O, мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг			
Границы варьирования	min	35,6	3,40	314	310	300	15,1	121
	max	80,2	3,62	350	335	390	25,1	273
Основной уровень		57,9	3,51	332	332,5	345	20,1	197
Интервал варьирования		22,3	0,11	10	12,5	45	5	76
Область определения	min	24,5	3,35	310	304	278	13	83
	max	91,4	3,68	340	341	413	28	311

Поскольку предложенная математическая модель урожайности состоит из блоков в безразмерной форме, то блоки модели (2), относящиеся к каждому урожаяформирующему фактору, являются критериями подобия. Это позволяет сравнивать между собой результаты математического моделирования урожайности любой сельскохозяйственной культуры на почвах с любыми агрохимическими свойствами, делая при этом вполне обоснованные выводы.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ STAMM В ОБУЧЕНИИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

*Маняшин А. В.*

*К. т. н., доцент, доцент кафедры Эксплуатации автомобильного транспорта  
Тюменского индустриального университета, Тюмень, Россия awm\_zub@mail.ru*

Мобильное приложение «Stamm» разрабатывается автором, начиная с 2000 года на базе библиотеки Stingray Studio©, открытой библиотеки GSL и ряда других свободно распространяемых ресурсов. Использование табличного процессора не только для манипуляция с данными, но и для организации имитационного моделирования было впервые опробовано в 2002 году. Несмотря на доступность разнообразного программного обеспечения, на тот момент рассматриваемое приложение обладало рядом преимуществ.

Приложение, имеющее стандартный интуитивно понятный интерфейс, аналогичный популярному «Microsoft Excel», не претендует на универсальность, но в какой-то степени делает разработку имитационных моделей доступной для обычных пользователей.

Использование разнообразных математических функций дает возможность решать самые разные задачи, начиная от различных манипуляций с данными и заканчивая визуальным моделированием. Система позволяет выполнять статистический и регрессионный анализ, реализовать быстрое преобразование Фурье, Вейвлет, кластерный анализ, построить и использовать простейшие нейросети, выполнять интерполирование и анализ временных рядов.

Несмотря на большое функциональное наполнение, приложение занимает на носителе всего 10 мбайт и не требует установки.

Система для первоначальной обработки данных и имитационного моделирования «Stamm» активно используется в учебном процессе Тюменского индустриального университета, при обучении студентов моделированию, информационным технологиям, логистике, написанию ими выпускных квалификационных работ исследовательского типа.

На базе приложения аспирантами и соискателями нашего вуза реализованы имитационные модели:

- нормирования расхода моторных масел при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники;
- моделирование расхода топлива и прогрева автомобиля;
- моделирование отказов подвески автобусов.

Программа постоянно совершенствуется, в частности, полностью переработан основной интерфейс в пользу контекстно-зависимых лент. Модернизируются и методики выполнения базовых функций в части реализации каждой из них в специализированном листе рабочей книги программы (см. рисунок).

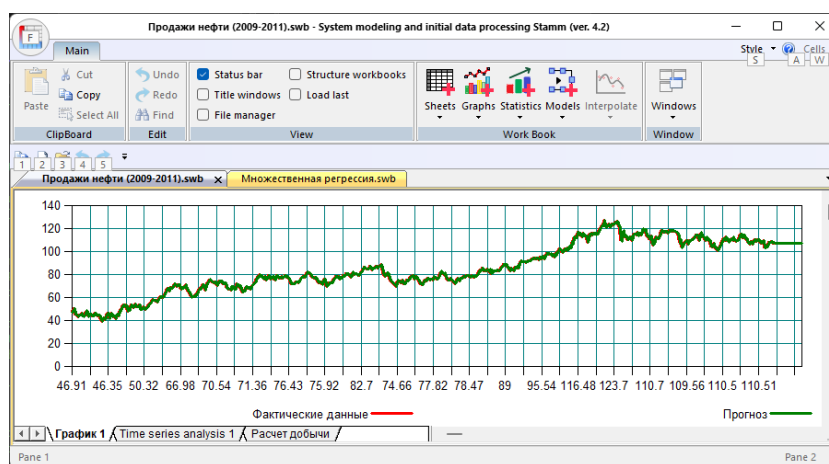


Рисунок 1 – Приложение «Stamm» версия 4.3

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭМОЦИЙ ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ

*Монтик Н. С.*

*Старший преподаватель кафедры интеллектуальных информационных технологий  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, nikolay.montik@gmail.com*

Данная работа посвящена исследованию эмоциональных состояний с помощью сигналов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и современных методов глубокого обучения. Эмоции играют важную роль в поведении человека, и их точный анализ может способствовать разработке индивидуальных решений для медицинских и нейропсихологических нужд.

Основной задачей исследования является создание и тестирование методов анализа эмоций на основе ЭЭГ-сигналов, в частности через гибридные модели глубокого обучения.

В работе использованы сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN) для извлечения пространственных признаков и сети долгой краткосрочной памяти (Long Short-Term Memory, LSTM) для моделирования временных зависимостей в ЭЭГ-сигналах. Модели были обучены и протестированы на датасетах DEAP и SEED, которые содержат ЭЭГ-записи, собранные при различных эмоциональных воздействиях. В экспериментах была достигнута точность классификации эмоций до 85.6 % на датасете SEED и 82.3 % на датасете DEAP при применении гибридной модели CNN+LSTM. Для улучшения точности применялись методы ранней остановки обучения, регуляризация через выключение нейронов Dropout 0.5 и настройка гиперпараметров с помощью байесовской оптимизации [1].

Основной проблемой оказалось значительное различие ЭЭГ-сигналов между людьми, что снижало точность на новых пользователях. Для решения этого были использованы подходы адаптации моделей, такие как трансферное обучение и персонализированная донастройка [1], при котором модель нейронной сети, предварительно обученная на большом наборе данных с участием различных субъектов, дополнительно дообучается на небольшом наборе данных конкретного пользователя, которые позволяют учитывать особенности конкретных пользователей. Эти подходы позволили увеличить точность на 8–10 %.

Эксперименты показали, что гибридные модели CNN+LSTM превосходят традиционные архитектуры глубокого обучения, такие как отдельные CNN или LSTM, благодаря способности одновременно анализировать пространственные и временные особенности сигналов. Были оптимизированы гиперпараметры, такие как размер сверточных фильтров (3x3), количество LSTM-ячеек (128) и длина временного окна (1 секунда), что позволило достичь наилучших результатов. Тестирование показало стабильность модели, но желательно улучшение модели относительно чувствительности к шумам в ЭЭГ-сигналах.

Предложенные методы могут быть использованы в таких областях, как системы мониторинга эмоциональных состояний, интерфейсы «мозг-компьютер» и медицинские исследования психического здоровья. Внедрение гибридных моделей глубокого обучения для анализа ЭЭГ предоставляет возможности для создания более точных и надежных инструментов для диагностики и мониторинга психоэмоциональных состояний.

### **Список использованных источников**

1. Настройка гиперпараметров в моделях глубокого обучения // DeepLearning.ai – URL: <https://www.deeplearning.ai/> – Дата обращения: 28.09.2024

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРОЕННЫХ ЯЗЫКОВ ПРИ ОБУЧЕНИЮ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

Напрасников<sup>1</sup> В. В., Ван Цзыжуй<sup>2</sup>, Чжан Цзыхан<sup>3</sup>

<sup>1</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры программного обеспечения информационных систем и технологий УО «Белорусский государственный технический университет», Минск, Беларусь, [nprasnikov@gmail.com](mailto:nprasnikov@gmail.com)

<sup>2</sup> Аспирант кафедры программного обеспечения информационных систем и технологий УО «Белорусский государственный технический университет», Минск, Беларусь, [610958034@qq.com](mailto:610958034@qq.com)

<sup>3</sup> Магистрант кафедры программного обеспечения информационных систем и технологий УО «Белорусский государственный технический университет», Минск, Беларусь, [nprasnikov@gmail.com](mailto:nprasnikov@gmail.com)

## Введение

PyMAPDL – это Python-интерфейс к программному обеспечению ANSYS Mechanical APDL (MAPDL), которое предоставляет инженерам и ученым возможность моделировать и анализировать различные задачи механики деформируемого твердого тела, включая статический и динамический анализ, линейный и нелинейный анализ, тепловой анализ и многие другие [1].

PyMAPDL позволяет использовать привычный Python API для создания, запуска и управления моделями MAPDL, что делает процесс моделирования и анализа более доступным и удобным. Также доступна возможность создания геометрии и сеток MAPDL при помощи библиотеки PyVista из Python-скриптов или из интерактивных блокнотов Jupyter.

## Пример использования языка для построения модели

PyMAPDL использует технологию gRPC, что делает его более совершенным по сравнению со своим предшественником, который основывался на CORBA. Благодаря этой технологии решатель MAPDL может функционировать как сервер и отвечать на запросы клиентских приложений, которые подключаются к нему. На рисунке 1 (слева) представлена архитектура PyMAPDL.

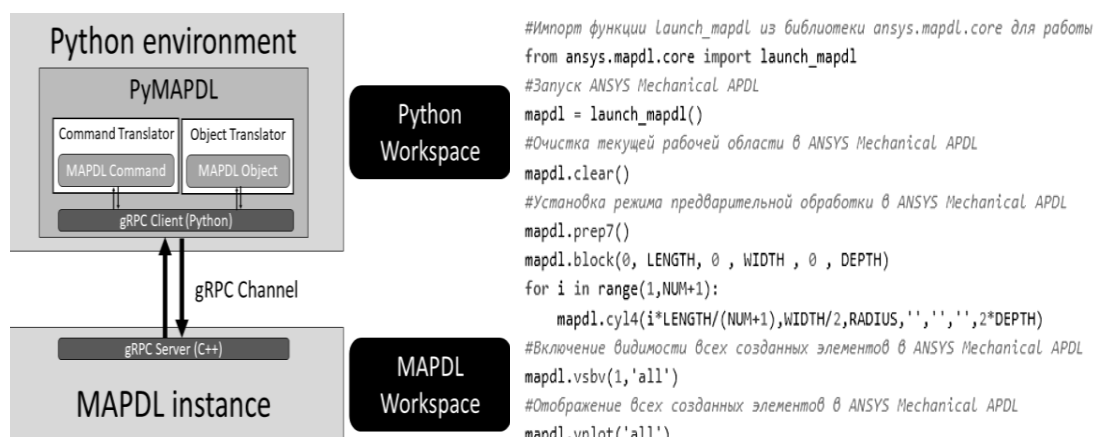


Рисунок 1 – Архитектура PyMAPDL (слева) Фрагмент кода в задаче расчета пластины (справа)

Перед работой с интерфейсом программы необходимо установить следующие компоненты: Ansys 2021 R1, Python 3.8.0, Виртуальная среда для Python, Jupyterlab и его компоненты.

В докладе подробно описаны особенности выполнения этих этапов при проведении занятий с магистрантами, изучающими дисциплины по конечно-элементному анализу.

В качестве демонстрационных рассмотрены коды в интерфейсе JupyterLab задач по расчету пластины и двух 3D-деталей. На рисунке 2 представлен фрагмент кода в задаче расчета пластины.

### **Заключение**

При подготовке инженеров в соответствии с современными требованиями компонента конечно-элементного моделирования является признанным стандартом. Одним из современных подходов для реализации этой компетенции является технология PyMAPDL, поэтому при проведении занятий следует уделить внимание изучению особенностей реализации этой возможности.

Изложенный подход используется в учебном процессе в Белорусском национальном техническом университете на кафедре программного обеспечения информационных систем и технологий при обучении студентов и для создания рациональных проектов реальных машиностроительных конструкций при подготовке магистрантов и аспирантов.

### **Список использованных источников**

2. PyMAPDL documentation 0.65.0. – URL: <https://mapdl.docs.pyansys.com/version/stable/> – Дата обращения : 14.09.2024

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗВОЗА ТОВАРА СО СКЛАДА ПО ТОРГОВОМУ ЗАЛУ БЕСПИЛОТНОЙ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКОЙ

*Тарасевич М. Д.*

*магистрант кафедры автоматизации технологических процессов и производств, УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, makstar348@gmail.com*

**Проблематика.** Стремительный рост электронной коммерции и увеличение объемов продаж в розничной торговле создают потребность в эффективных и надежных системах развоза товаров. Традиционные методы, такие как ручной развоз или использование вилочных погрузчиков, могут быть неэффективными и ограниченными в больших магазинах или складских комплексах.

Автоматизированные системы развоза товаров играют все более важную роль в современном бизнесе, особенно в области розничной торговли. Одной из наиболее перспективных технологий в этой области являются беспилотные грузовые тележки. Эти инновационные устройства обладают возможностью автономного перемещения и доставки товаров без прямого участия человека.

**Цель работы.** Рассмотреть перспективы и разработать соответствующие схемы для реализации автоматизированной системы развоза товара со склада по торговому залу беспилотной грузовой тележкой.

**Объект исследования.** Автоматизированная система развоза товара со склада по торговому залу беспилотной грузовой тележкой.

**Использованные методики.** Аналитический метод, анализ современного состояния.

**Научная новизна.** Элементами новизны обладает устройство ориентации и навигации тележки беспилотной грузовой тележки при ее перемещении по горизонтальной поверхности в заданном помещении.

**Полученные результаты и выводы.** Разработаны соответствующие схемы для реализации данной системы, рассмотрены преимущества и недостатки ее внедрения.

**Практическое применение полученных результатов.** Предполагается, что разработанная система будет использована в ТЦ «Корона», магазинах сети «Санта» и в других торговых центрах и магазинах города Бреста. Изготовителем беспилотных грузовых тележек будет предприятие ООО «Фина-Проминижиниринг».



# ЦИФРОВАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАМПУСОВ МИРОВОГО УРОВНЯ РФ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Федоров С. С.*

*к. т. н., доцент, заведующий кафедрой инженерной графики и компьютерного моделирования ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, fedorovss@mgsu.ru*

Строительство в Российской Федерации сети кампусов мирового уровня в рамках федерального проекта «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров» национального проекта «Наука и университеты» является сегодня хорошим примером привлечения инвестиций бизнеса в научно-образовательную сферу. НИУ МГСУ стал участником данного проекта и в настоящее время уже начато строительство современного и высокотехнологичного образовательно-научного кластера. Разработка и проектирование кампуса НИУ МГСУ на всех этапах будет осуществляться с учетом требований и рекомендаций документа «Стандарт инновационной среды (кампусов)», утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. В основе идеологии проекта заложена реализация симбиоза академического и практического подхода для обеспечения высоких стандартов подготовки кадров.

Важная роль в реализации этой задачи отводится внедрению технологий информационного моделирования (ТИМ) на всех этапах жизненного цикла объектов. И здесь большое внимание будет уделено не только всем этапам создания проекта, но и задачам эксплуатации объектов кампуса в режиме реального времени. При этом идеология предлагаемых решений должна обеспечивать реализацию принципа одного большого пространства коммуникации. Этот вид коммуникации в цифровой среде призван мотивировать диалог и сотрудничество.

В настоящее время ведутся первые практические разработки будущей эксплуатационной модели кампуса с текущей ее апробацией на объектах существующей инфраструктуры университета. В частности, создаются проектная и исполнительная информационные модели с необходимым атрибутивным наполнением. Реализуемые технологии информационного моделирования, основанные на применении актуальной эксплуатационной цифровой информационной модели объекта, уже сегодня позволяют говорить о своей эффективности в части снижения затрат эксплуатационного периода жизненного цикла здания.

## СЕКЦИЯ 4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ПОДГОТОВКА КАДРОВ

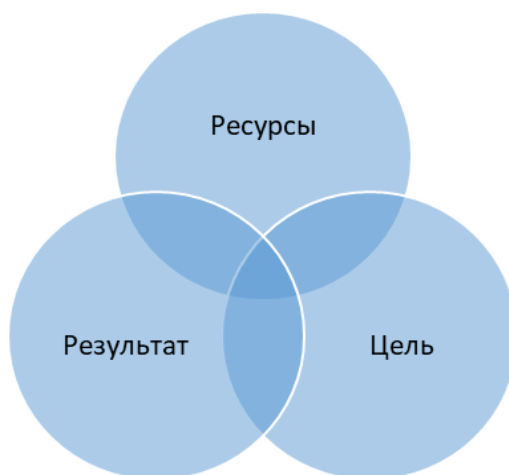
### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

*Зазерская В. В.*

*К. э. н., доцент, доцент кафедры менеджмента  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г.Брест, ул.Московская,267, zazerskaya@mail.ru*

Достижение целевых параметров экономического развития социально-экономических систем основано на их устойчивом и динамичном развитии и затрагивает вопросы теоретико-методологического и прикладного характера относительно эффективности использования ресурсной базы региона.

Общеизвестно, что «эффективность – это относительный показатель, соизмеряющий полученный эффект с затратами или ресурсами, использованными для достижения этого эффекта» [1, с. 396] (ресурсный подход), а мера измерения эффективности отражает степень достижения цели системы – «мера эффективности показывает, в какой степени достигаются цели системы, и дает представление о количественной величине проявления признаков систем» [2] (целевой подход) (рисунок).



*Рисунок – Триединство видов экономической эффективности*

Таким образом, степень интенсивности использования ресурсов системы (региона) определяет соответствие функционирования исследуемой системы ее целевому назначению. Ресурсную эффективность предлагаем раскрывать и оценивать через потенциал экономического развития трансграничного региона, а целевую эффективность через оценку эффективности использования потенциала экономического развития.

Социально-экономическая система трансграничного региона представляет собой многомерный динамический объект, описываемый множеством показателей. Определение уровня потенциала экономического развития и уровня эффективности использования экономического потенциала на основе комплекса показателей дает возможность построения матрицы определения типа экономического развития на основе критерия «экономический рост и/или экономическое развитие». Предлагаем методику оценки эффективности использования потенциала экономического развития трансграничного региона. Определение уровня эффективности использования включает следующие этапы:

Этап 1. Формирование системы показателей, отражающих эффективность использования потенциала экономического развития.

Установлено, что эффективное развитие региона обусловлено индексом объема промышленного производства, индексом инвестиций в основной капитал, индексом производительности по ВВП, степенью износа основных фондов, уровнем рентабельности реализованной продукции, товаров, работ, услуг, индексом численности студентов высших учебных заведений, плотностью железнодорожных путей общего пользования, километров в расчете на 1 000 квадратных километров, плотностью автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, километров в расчете на 1 000 квадратных километров, индексом средней продолжительности жизни населения, индексом объемов розничного товарооборота, числом абонентов сетей сотовой подвижной электросвязи на 100 человек населения, индексом эффективности управления на макроуровне, темпами изменения объема экспорта и импорта товаров.

Этап 2. Оценка эффективности использования потенциала региона.

1. Пусть  $x_{ij}$  – значение  $j$ -го показателя в году  $t_i$ .
2. Приведение показателей к стандартизированному виду

$$P_{ij}^c = \frac{x_{ij}}{o_j}, \quad (1)$$

где  $P_{ij}^c$  – значение показателя в стандартизированном виде,

$o_j$  – среднеквадратическое отклонение  $j$ -го показателя,

3. Рассчитывается среднеквадратическое отклонение значений показателей.
4. Определение весовых коэффициентов

$$a_j = \frac{P_j^{c3}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (P_j^{c3})^2}}, \quad (2)$$

где  $P_j^{c3}$  – значение эталонного показателя в стандартизированном виде.

В качестве эталона может выступать либо лучшее значение показателя во временном ряду, среднее значение показателя, целевое значение, установленное в программной документации.

5. Расчет эффективности использования потенциала

$$\text{ЭИ} = \sum_{j=1}^n a_j * P_{ij}^c, \quad (3)$$

Представленная методика оценки эффективности использования потенциала экономического развития трансграничного региона позволяет рассчитать уровень эффективного использования ресурсов и производительных сил региона и способность достигать цели социально-экономического развития трансграничных регионов. Результаты оценки могут служить основанием для разработки стратегий и комплексных планов развития территорий.

### **Список использованных источников**

1. Ковалев, В. В. Финансовая отчетность. Анализ финансовой отчетности (основы балансоведения): учеб. пособие / В. В. Ковалев, В. В. Ковалев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ТК Велби, Проспект, 2006. – 432 с.

2. Гиг, Дж. ван. Прикладная общая теория систем (пер. с англ.) / Дж. ван Гиг. – М. : Мир, 1981. – 733 с.

## **ПРОЕКТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ БЕЛАРУСИ И РОССИИ**

*Захарченко<sup>1</sup> Л. А., Медведева<sup>2</sup> Г. Б.*

<sup>1</sup> К. э. н., доцент, доцент кафедры экономической теории и логистики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г.Брест, ул.Московская, 267  
lazaharchenko@g.bstu.by

<sup>2</sup> К. э. н., доцент, доцент кафедры экономической теории и логистики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г.Брест, ул.Московская, 267  
gbmedvedeva@g.bstu.by

### **Введение**

Республика Беларусь и Российская Федерация последовательно развивают институциональные основы и определяют важнейшие направления технологической независимости, в том числе установление партнерств между государством, бизнесом и научными учреждениями для совместной разработки технологий в различных отраслях экономики [1].

### **Основные направления научно-технического сотрудничества России и Беларуси**

Реализация основных направлений достижения технологического суверенитета осуществляется в рамках Программ Союзного государства. На данный момент Россия и Беларусь реализовали в рамках Союзного государства около 60 совместных научно-технических программ. Особо необходимо выделить три программы сотрудничества в сфере высоких технологий: «Комплекс-СТ»; «Компонент-Ф»; «Интелавто».

Драйвером развития новых технологий всегда было освоение космоса. Сегодня страны готовят новую, девятую космическую программу в рамках Союзного государства – «Комплекс-СГ», которая должна стартовать в этом году. Она направлена на создание наноспутников, аппаратуры наблюдения и мониторинга атмосферы. К 2026 г. в ее рамках должен быть создан малый космический аппарат и два наноспутника – российский и белорусский. Создаются новые образцы служебной и целевой аппаратуры для малоразмерных космических аппаратов, новые технологи управления орбитальной группировкой.

Программа «Компонент-Ф» предполагает разработку перспективных базовых технологических процессов получения функциональных материалов, структур, компонентов и модулей для высокоэффективных изделий фотоники, наиболее востребованными секторами стали: лазеры и лазерные устройства, а также оптоэлектронные фотоприемные системы. Применяются они в медицине, приборостроении, при создании дисплеев и во многих других областях. Надо отметить, что продукты, намечаемые к разработке в рамках данной программы, по своим параметрам будут соответствовать и превосходить уровень коммерчески доступных мировых образцов.

Программа «Интелавто» направлена на разработку интеллектуальных высокотехнологичных цифровых и электронных компонентов и систем для автотранспортных средств специального и двойного назначения, с целью повышения их качества, безопасности и конкурентоспособности до мирового уровня по функциональным и экологическим характеристикам, и, в конечном счете, расширения возможности ее сбыта на мировых рынках.

Широкое распространение получает практика разработки проектов на региональном уровне, выполнение которых предполагает участие двух стран. Примером может служить реализации совместных проектов в авиастроении. Так, Иркутский авиационный завод нацелен на расширение производственной кооперации с авиационными предприятиями Беларуси. Два белорусских предприятия: 558-й авиационный ремонтный завод в Барановичах и 407-й завод гражданской авиации в Минске, – осуществляют ремонт ранее выпущенных в России самолетов. Прорабатывается проект модернизации самолетов Як-40 российского производства на этих промышленных площадках. На базе Уральского завода гражданской авиации и авиационного ремонтного завода в г. Барановичах Россия и Беларусь реализуют новый союзный проект «Освей» по созданию совместного самолета, первый опытный образец которого должен подняться в воздух в 2026–2027 годах.

В машиностроении уделяется созданию сверхпрочных инструментов и материалов, организации высокотехнологичных производств многофункционального металлообрабатывающего оборудования, комплектующих (манипуляторы, гидравлика, подшипники, трансмиссии) для сельскохозяйственной, специальной и автомобильной техники. В области станкостроения сформирован портфель заказов на 2025 год по созданию современных станков нового типа: высокотехнологичных и высококлассных и Россия выделила 6 млрд российских рублей на эти проекты. Уже есть результат реализации проекта «Союзный станок»: созданы

пять станков различных модификаций, которые полностью состоят из комплектующих Союзного государства, включая ключевую систему управления [2].

Предприятия Беларуси и Томской области участвуют в процессе кооперации по разработке, производству и эксплуатации БПЛА для гражданских целей, а также в области материаловедения, 3D-моделирования, конструирования, оптоэлектроники и многих других.

### **Заключение**

Проекты научно-технического развития Беларуси и России играют ключевую роль в модернизации экономики и повышении конкурентоспособности стран. Сотрудничество в этой сфере способствует обмену опытом, развитию инновационных решений и укреплению позиций на международной арене. Успешная реализация этих проектов требует комплексного подхода и активного участия всех заинтересованных сторон.

### **Список использованных источников**

1. Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Беларусь о научно-техническом и инновационном сотрудничестве от 27 марта 2023 года. / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 23.09.2023, 3/4044. URL: <https://pravo.by/document/> – Дата обращения: 09.10.2024.

2. Медведева, Г. Б. Промышленная кооперация в интеграционных процессах регионов России и Беларуси / Г. Б. Медведева, Л. А. Захарченко // Фотинские чтения – 2023 (осеннее собрание) : Сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Ижевск, 23–25 ноября 2023 года. – Ижевск : Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, 2024. – С. 59–65.

## **ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ**

*Кирчук Е. В.*

*Студент, УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г.Брест, ул.Московская, 267  
elb00611@g.bstu.by*

Инновационная экономика – тип экономики, основанной на потоке инноваций, на по-стоянном технологическом совершенствовании, на производстве и экспорте высокотехно-логичной продукции и технологий с высокой добавленной стоимостью. Рассмотрим инновационную активность экономики по организациям промышленности (таблица 1).

Таблица 1 – Инновационная активность организаций промышленности по территории Республики Беларусь [1]

	Уровень инновационной активности организаций промышленности по территории Республики Беларусь, %						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Республика Беларусь	21	23,3	24,5	26,2	35	35,1	34,8
Брестская область	26	30,4	32	31,8	48,4	50,2	51,6
Витебская область	23,9	23,9	27,6	27,6	34,8	34	31,6
Гомельская область	15,2	16,8	15,7	19,8	23,9	22,3	22,2
Гродненская область	20,8	21,9	25,1	32,3	36,8	36,7	34,9
г. Минск	30,3	31,8	32,3	35,1	48,6	50,6	49,4
Минская область	15,2	18,7	19,6	18,7	26	24,8	25,5
Могилевская область	15,7	17,9	18,1	18,7	24,6	25,9	25,3

Наблюдается тенденция роста инновационно-активных организаций. За пять лет рост составил 13 % в целом по республике. Больше всего выделяются такие регионы, как Брестская область, Гродненская область, г. Минск.

Поток инноваций и постоянное технологическое совершенствование требуют, чтобы кадры, участвующие в бизнес-процессах всех уровней, обладали высокой квалификацией и пониманием необходимости обязательного непрерывного обучения: без отрыва от производства либо в свободное от работы время [2]. Базовое высшее образование – не важно, техническое либо гуманитарное, теперь не определяющий фактор при выборе исполнителей либо членов проектной команды. В своей профессиональной деятельности специалисты различных направлений проходят обучение на курсах офлайн, на рабочих местах, онлайн из дома. Обычное дело, когда начинающий сотрудник должен пройти обязательные испытания внутри принимающей компании на знание корпоративного кодекса и производственных процессов. Владельцев технических и бизнес-процессов интересует также способность к обучаемости и коммуникативные навыки претендентов. Выбрать на вакантное место явно талантливый индивидуалист либо обладающего не всеми необходимыми навыками, но приветливого и коммуникативного сотрудника, который согласен дообучиться – определяет дальнейшую эффективность бизнес- и техпроцессов. Передача знаний о производстве в формате наставничества и кураторства стала неотъемлемой частью адаптации сотрудников на новом месте. При этом, к сожалению, при подборе кадров остаются актуальными требования касательно возраста претендентов – нанимателям по-прежнему интересны молодые и креативные.

Повышаются требования к представителям рабочих специальностей. К примеру, оператором станков с ЧПУ – числовым программным управлением – фрезерном, токарном, сверлильном, шлифовальном, резательном – сегодня сможет работать далеко не каждый выпускник среднего специального учебного заведения. Доучивание «у станка», в процессе работы, воспринимается как само собой разумеющаяся часть процессов при поступлении на новое место работы. Технологии промышленных производств многих направлений на сегодняшний

момент значительно усовершенствованы, и этот процесс не конечен. Даже высококвалифицированным специалистам необходимо быть в курсе трендов и технологий в рамках основной, а часто и смежных специальностей.

Технологическое совершенствование – это изменения в технике и технологии производства, структурная реорганизация производства, совершенствование рабочих мест. Сотрудники должны быть готовы, насколько это возможно, к внедрению появляющихся изменений, доработкам процессов, устранению несовершенств. И все это – без остановки техпроцессов.

На наш взгляд, увеличилось взаимодействие учебных заведений с производствами: инженерные и военные классы в школах, предметные олимпиады в университетах, целевая подготовка, технологическая практика на производствах – все это способы отсева умной молодежи и отбора их еще до получения образования и профессии (таблица 2). Интерес нанимателей к мотивированной молодежи полностью оправдан – предприятие получает лояльно настроенного сотрудника, обученного нужной для производства специальности, строящего планы на жизнь и работу здесь, в нашей стране, стремящегося принести максимальную пользу для себя и для общества.

*Таблица 2 – Основные показатели деятельности учреждений образования [1]*

Период	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Число учреждений высшего образования	51	51	50	50	50	49
В них студентов, тыс. человек	268,1	260,9	254,4	243,0	228,0	222,5
Численность магистрантов, тыс. человек	14,7	11,9	9,0	12,3	10,6	10,3
Численность студентов и магистрантов на 10 000 человек населения, человек	300	290	282	276	259	254

За последние 5 лет количество студентов уменьшается, при это снижение принятых студентов снижается меньшими темпами, чем выпущенных. Снижение магистрантов происходит как за счет уменьшения принятых, так и выпущенных магистрантов. Эти тенденции отражаются на снижении показателя «численность студентов и магистрантов на 10 000 человек населения». Мы считаем, что перспектива интеллектуальной инновационной экономики – в кадрах. Как бы ни были совершенны технологии производств, ни одно из них не может автономно производить добавленную стоимость. Контроль и обслуживание технологий остаются в руках высококвалифицированных и замотивированных на отличный результат работников. Мы считаем, что даже в перспективе искусственный интеллект не заменит живых людей в полной мере, а лишь упростит и усовершенствует отдельные участки процессов, владельцем же технологических и бизнес-процессов по-прежнему останутся люди.



## Список использованных источников

1. Официальная статистическая информация. URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/osids/home-page>. Дата обращения: 11.09.2024.
2. Зазерская, В. В. Компетенции менеджера в условиях цифровой экономики / В. В. Зазерская // Менеджмент суб'єктів господарювання: проблеми та перспективи розвитку: зб. матер. III Міжнар. науково-практ. on-line конф., 19–21 груд. 2019 р. – Житомир : ЖДТУ, 2019. – С.149–152.с.

## УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРОЕКТОМ: АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ И МЕТОДОЛОГИЙ

*Курилюк Д. А.*

*Аспирант, УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267  
dkurilyuk@mail.ru*

Управление научно-техническими проектами требует особого подхода, так как такие проекты часто связаны с высокой степенью неопределенности и инновациями. В мировой практике существует множество методологий управления проектами, каждая из которых имеет свои особенности и применяется в зависимости от типа проекта и требований команды. Методология управления проектами – это система принципов, правил, процессов и практик, которые определяют, как управлять проектом на всех его стадиях. Она помогает структурировать работу, обеспечить последовательность действий и достичь поставленных целей.

Основные аспекты методологии управления проектами – структура проекта, этапы выполнения, подходы к управлению задачами и ресурсами, методы оценки и контроля.

Рассмотрим несколько популярных методологий:

1. Agile: гибкая методология, ориентированная на итеративное развитие и постоянное улучшение. Включает такие подходы, как Scrum и Kanban.

2. Waterfall (Водопад): каскадная модель, где проект делится на последовательные этапы, каждый из которых должен быть завершен перед началом следующего.

3. Scrum: фреймворк Agile, который использует спринты (короткие циклы) для выполнения задач и регулярные встречи для оценки прогресса.

4. Kanban: методология, фокусирующаяся на визуализации задач и управлении потоком работы с помощью досок Kanban.

5. Lean: методология, направленная на минимизацию потерь и повышение эффективности процессов.

6. PRINCE2: процессно-ориентированная методология, которая предоставляет детальные инструкции по управлению проектами.

7. Six Sigma: методология, направленная на улучшение качества процессов путем выявления и устранения дефектов.

8. Critical Path Method (CPM): методология, использующая диаграммы для определения критического пути и управления временными рамками проекта.

9. Critical Chain Project Management (CCPM): методология, фокусирующаяся на управлении ресурсами и временными буферами для минимизации задержек.

10. Extreme Programming (XP): методология Agile, ориентированная на улучшение качества программного обеспечения и гибкость в ответ на изменения требований.

Методологии управления проектами могут быть различными, в зависимости от типа проекта и требований команды

Также существует множество инструментов для управления проектами. Под инструментом управления проектами следует понимать программное обеспечение или платформу, предназначенную для планирования, организации и контроля выполнения задач в рамках проекта. Такие инструменты помогают командам эффективно сотрудничать, распределять ресурсы, отслеживать прогресс и достигать поставленных целей.

Основные функции, которое обычно включает в себя данное программное обеспечение – планирование задач, управление ресурсами, отслеживание прогресса, коммуникация и сотрудничество, управление рисками, отчеты и аналитика.

Использование инструментов при управлении проектом позволяет повысить эффективность работы команды и правильно организовать рабочий процесс. Наиболее популярные платформы в мировой практике:

1. Trello: визуальный инструмент для управления проектами, основанный на методологии Kanban. Позволяет создавать доски, списки и карточки для организации задач.

2. Asana: платформа для управления проектами, которая помогает командам отслеживать работу и достигать целей. Поддерживает создание задач, подзадач, назначение ответственных и установку дедлайнов.

3. Microsoft Project: мощный инструмент для планирования и управления проектами, который включает функции для создания графиков, управления ресурсами и отслеживания прогресса.

4. Jira: популярный инструмент для управления проектами в сфере разработки программного обеспечения. Поддерживает методологии Agile и Scrum.

5. Monday.com: гибкая платформа для управления проектами, которая позволяет настраивать рабочие процессы и визуализировать прогресс.

6. Smartsheet: инструмент для управления проектами, который сочетает в себе функции электронных таблиц и управления задачами.

7. Basecamp: простой в использовании инструмент для управления проектами, который включает функции для общения, планирования и отслеживания задач.

8. ClickUp: универсальная платформа для управления проектами, которая поддерживает различные виды задач, календари, диаграммы Ганта и многое другое.

Инструмент управления проектами и методология управления проектами – это два разных, но взаимосвязанных понятия. Основное отличие заключается в том, что методология определяет как управлять проектом, а инструмент предоставляет средства для реализации этих методов на практике. Совместное использование методологий и инструментов помогает командам работать более слаженно и эффективно.

## **УСИЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ЗАКАЗЧИКАМИ КАДРОВ КАК ОСНОВНОЙ ТРЕНД ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ КАДРОВ В ВУЗАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Манцерава<sup>1</sup> Т. Ф., Лапченко<sup>2</sup> Д. А., Кравчук<sup>3</sup> Е. А.*

*<sup>1</sup>К.э.н., доцент, заведующий кафедрой «Экономика и организация энергетики»  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск*

*<sup>2</sup>Старший преподаватель кафедры «Экономика и организация энергетики»  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск*

*<sup>3</sup>Старший преподаватель кафедры «Экономика и организация энергетики»  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск*

В последние годы ситуация на рынке труда складывается под влиянием основных тенденций социально-экономического развития республики и ее макроэкономического окружения. В условиях жесткого санкционного давления со стороны промышленно развитых стран, ограничения доступа к рынку высокотехнологичного сырья и оборудования, разрыва привычных производственных и кооперационных связей между субъектами бизнеса, экономика Республики Беларусь требует новых инновационных подходов к ее организации и управлению. Для эффективной работы в текущих реалиях требуются специалисты, способные адаптировать управление современными производствами и придать вектор развития предприятиям реального сектора экономики. Именно такими комплексными междисциплинарными знаниями и компетенциями должен обладать современный инженер-экономист [1].

Подготовка инженеров-экономистов в Республике Беларусь осуществляется в ряде вузов, но лидером среди них является Белорусский национальный технический университет (БНТУ). Подготовка специалистов такого профиля ведется на ряде ключевых факультетов университета, таких как энергетический, автотракторный, строительный, машиностроительный, уже не один десяток лет. Накопленный опыт в подготовке инженеров-экономистов по профилям позволил определить залог успеха при обучении, которым, на наш взгляд, является

практико-ориентированное обучение, целью которого является получение студентами в процессе обучения компетенций в какой-либо области или сферы деятельности общества для применения их на практике [2].

К задачам практико-ориентированного обучения относятся:

- формирование у выпускников отличного владения теоретическими и практическими навыками деятельности;
- расширение сотрудничества основных заказчиков кадров с учебными заведениями для получения студентами опыта работы и дальнейшего трудоустройства;
- повышение эффективности проходимой студентами в процессе обучения практики [2].

Реализация поставленной цели достигается путем совместной активной работы с представителями заказчиков кадров. Спектр взаимодействия расширяется каждый год и включает уже не только обсуждение возможных дисциплин учебных планов, но и их наполняемость для получения обучающимися необходимых навыков и компетенций. Для усиления взаимосвязи «вуз – производство» представители заказчиков кадров включены в состав секций по направлениям учебно-методических объединений вузов.

Отличительной особенностью подготовки инженеров-экономистов является значительная доля технических дисциплин, перечень которых варьируется от профилизации. Для закрепления полученных теоретических знаний при изучении дисциплин профилизации широко практикуются экскурсии на ведущие промышленные предприятия.

Заказчики кадров активно взаимодействуют с вузами и при организации и проведении всех видов производственных практик, в ходе которых обучающиеся изучают процессы реального производства на профильных предприятиях. Успешному освоению дисциплин способствует не только качественное теоретическое обучение, но и возможность посещения студентами ведущих предприятий для получения базовых профильных навыков. Для повышения результативности прохождения практики обучающимися на предприятиях разрабатываются локальные нормативные акты, регулирующие ее прохождение. В частности, в РУП-Облэнерго разработаны и успешно реализуются положение по практике студентов и положение об адаптации молодых специалистов. Полученные практические навыки закрепляются при выполнении выданного руководителем практики от предприятия задания, консультаций, экскурсий на объекты. Между БНТУ в лице энергетического факультета и Министерством энергетики Республики Беларусь подписана Дорожная карта по сотрудничеству. Реализация мероприятий Дорожной карты предусматривает не только расширенные возможности для студентов и преподавателей всех специальностей энергетического факультета (ЭФ) в посещении энергетических объектов, но и совместное участие в проводимых предприятиями энергосистемы различных конкурсах профмастерства, интеллектуальных и спортивных конкурсах. При подготовке инженерно-экономических кадров активно используется привлечение к обучению специалистов энергосистемы, а также чтение лекций ведущими зарубежными учеными.

Особое внимание при подготовке инженерно-экономических кадров в БНТУ уделяется итоговой аттестации. Тематика дипломных проектов по всем направлениям специальности «Экономика и организация производства» в БНТУ ежегодно пересматривается и расширяется с учетом предложений заказчиков кадров. Представители заказчиков кадров активно привлекаются для работы в Государственных экзаменационных комиссиях и могут оценить не только уровень теоретической подготовки будущего специалиста, но и его практические навыки, знание конкретного производства, технологии, специфику деятельности организации.

Для повышения заинтересованности студентов ЭФ в подготовке дипломных проектов и закрепления будущих специалистов на рабочих местах ГПО «Белэнерго» инициировал проведение конкурса на лучший дипломный проект по номинациям. Награждение победителей конкурса проходит в ГПО «Белэнерго» с вручением дипломов и памятных подарков, широко освещается в отраслевых СМИ.

Для усиления связи с реальным производством на выпускающих кафедрах, осуществляющих подготовку инженеров-экономистов в вузе, на всех профилирующих кафедрах БНТУ, где осуществляется подготовка инженеров-экономистов, открыты филиалы кафедр, где обучающиеся не только имеют возможность пройти практику, но и изучать отдельные специальные дисциплины.

Основная цель взаимодействия «вуз – производство» состоит в дальнейшем совершенствовании подготовки инженерно-экономических кадров, которая должна отвечать не только текущим, но и будущим потребностям национальной экономики и быть адаптированной к запросам современного рынка труда.

### **Список использованных источников**

1. Лукашевич, М. Л. Инженерно-экономическое образование: между прошлым и будущим/ М. Л. Лукашевич // Проблемы науки и образования. –223. – № 4 (88) – С. 169–171.
2. Лунева, Ю. Б. Практико-ориентированный подход в профессиональном образовании / Ю. Б. Лунева, О. И. Ваганова, Ж. В. Смирнова // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. –2018. – № 6 (32). – С. 122–126.

# ИНВЕСТИЦИОННЫЙ КЛИМАТ: ФАКТОРЫ И ТЕНДЕНЦИИ

*Мартынюк А. Н.*

*Студент, Брестский государственный технический университет  
Республика Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267  
elb00519@g.bstu.by*

Инвестиции занимают важное место в экономическом развитии стран, оказывая значительное влияние на повышение благосостояния государства. Они способствуют увеличению производства, росту предпринимательской деятельности и поддержке различных бизнес-инициатив. В результате эффективного использования инвестиций, государство может улучшить конкурентоспособность своей продукции, развивать экспортный потенциал, удовлетворять социальные потребности, адаптировать экономику к новым условиям, решать экологические проблемы и укреплять обороноспособность [1].

Инвестиции представляют собой вложение капитала в различные объекты бизнеса, которые могут быть в денежной, материальной или нематериальной форме. Основная цель таких вложений – получение прибыли или увеличение стоимости капитала в будущем.

Однако для привлечения инвестиций и обеспечения дальнейшего экономического роста необходимо создать благоприятный инвестиционный климат.

Инвестиционный климат представляет собой совокупность социальных, экономических, организационных, правовых, политических и других факторов, которые определяют привлекательность и целесообразность вложений капитала в экономику определенной территории – будь то страна или регион [4].

Существует несколько типов инвестиционного климата, которые можно разделить на транснациональный (для группы стран), национальный (для конкретного государства), региональный (в пределах области или штата), а также отраслевой.

Оценка инвестиционного климата включает в себя анализ ряда ключевых факторов:

1. Экономические – структура экономики, уровень инфляции, наличие высокоэффективных объектов для инвестиций, уровень безработицы и другие экономические параметры, влияющие на привлекательность региона.

2. Финансовые – объем доходной части бюджета, прибыльность предприятий, платежеспособность населения и ресурсный потенциал, который включает в себя доступность природных и культурных ресурсов.

3. Политические – стабильность власти, авторитет местных органов управления и надежность нормативно-правовых и административных процессов.

4. Кадровые – наличие высококвалифицированных кадров, необходимых для обеспечения эффективности вложений.

5. Социальные – уровень жизни населения, обеспеченность жильем, уровень безработицы и покупательная способность.

6. Производственно-технические – уровень развития производственного потенциала, результаты деятельности предприятий и организаций всех.

7. Инфраструктурные – уровень инфраструктурного развития, включая транспортные сети, связь и энергоснабжение.

Благоприятный инвестиционный климат характеризуется рядом положительных факторов: невысокий уровень конкуренции в определенных отраслях, стабильность налоговой системы, качественная и своевременная поддержка со стороны государства, низкие затраты на сырье и другие ресурсы, а также высокая норма прибыли для инвесторов. В то же время, факторы, которые могут негативно повлиять на инвестиционную привлекательность, включают политическую нестабильность, высокий уровень инфляции, дефицит бюджета, значительный объем государственного долга и недостатки в законодательстве, что может отпугнуть потенциальных инвесторов.

Инвестиционный климат можно рассматривать как комплексную систему, состоящую из различных подсистем:

- инвестиционный потенциал – это совокупность факторов производства, включая ресурсно-сырьевой, производственный, потребительский, инфраструктурный, инновационный, трудовой и финансовый потенциалы;

- инвестиционные риски – это оценка вероятности потерь, которая включает в себя политические, экономические, экологические и другие риски, способные повлиять на сохранность и доходность инвестиций;

- законодательные условия – обеспечивают правовую защиту инвесторов и стабильность их деятельности, что является основополагающим для привлечения инвестиций.

Комплексный анализ инвестиционного потенциала, факторов риска и законодательных условий позволяет всесторонне оценить инвестиционную привлекательность конкретной страны или региона.

Также составляющими инвестиционного климата являются инвестиционная привлекательность и инвестиционная активность [2, 3]. Важно понимать, что инвестиционный климат и инвестиционная привлекательность взаимосвязаны: инвестиционный климат характеризует объективные условия, которые одинаковы для всех групп инвесторов, тогда как инвестиционная привлекательность – это субъективная оценка конкретного инвестора, которая может значительно различаться в зависимости от индивидуальных предпочтений и целей.

Инвестиционная активность, как вторая важная составляющая инвестиционного климата, описывает интенсивность и развитие инвестиционной деятельности, включая объемы и темпы привлечения средств в основной капитал. Увеличение инвестиционной активности, в свою очередь, способствует улучшению экономических показателей, созданию новых рабочих мест и повышению уровня жизни населения.

В заключение стоит сказать, что инвестиции и их грамотное привлечение являются важнейшими факторами экономического роста и развития, влияющими на уровень жизни населения, развитие инфраструктуры и производственных мощностей. Создание благоприятного инвестиционного климата требует комплексного

подхода, включающего анализ экономических, политических, социальных и других условий. Наличие стабильного и привлекательного инвестиционного климата позволяет не только привлекать внутренние и внешние инвестиции, но и способствовать росту конкурентоспособности страны на мировом уровне, повышая ее экономическую и социальную устойчивость. Поэтому важно, чтобы государство активно работало над улучшением инвестиционного климата, учитывая потребности и интересы инвесторов, что будет способствовать экономическому развитию и благосостоянию общества в целом.

### **Список использованных источников**

1. Зазерская В.В. Социально-экономические факторы формирования трансграничного экономического коридора развития // В. В. Зазерская / Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. – 2023. – Т. 19, № 2 (59). – С. 7–12.

2. Инвестиционная привлекательность Республики Беларусь: методы оценки и направления повышения. – URL: <https://goo.su/YjQAP>. – Дата обращения: 25.10.2024.

3. Инвестиционная привлекательность как элемент инвестиционного климата. – URL: <https://bookonlime.ru/lecture/2-investicionnaya-privlekatelnost-kak-element-investicionnogo-klimata>. – Дата обращения: 25.10.2024.

4. Что такое инвестиции и как стать инвестором: обзор. – URL: <https://www.rbc.ru/quote/news/article/636246da9a7947b75bfbd9db>. – Дата обращения: 25.10.2024.

## **ИНВЕСТИЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В БЕЛАРУСИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ТЕНДЕНЦИИ**

*Мацукевич Н. А.*

*Аспирант, УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267  
pnabrest@gmail.ru*

В сложившихся условиях развития экономики важнейшим направлением является ее цифровизация, обусловленная активным внедрением цифровых технологий в реальные бизнес-процессы, созданием интеллектуальных систем, формированием нового экономического порядка. Эффекты трансформации экономики на основе цифровизации, выступая источником экономического роста, отражаются на функционировании социально-экономических единиц: национальной экономики, экономики региона, отрасли, сектора, сферы деятельности, хозяйствующего субъекта. Применение цифровых технологий видоизменяет и преобразовывает информационные, технологические, социальные



модели и структуры управления в производственной сфере и сфере услуг, тем самым формируя интеллектуальную экономику.

Основу цифровой экономики как на страновом, так и на региональном уровне составляют следующие виды деятельности: цифровая торговля (по ОКЭД в составе секции G «Оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов»); деятельность, связанная с производством продукции (сектор ИКТ), предназначенной для выполнения функции (или позволяющей выполнять функцию) обработки информации и коммуникации с использованием электронных средств, включая передачу и отображение информации (сектор контента и СМИ) (по ОКЭД в составе секции J «Информация и связь»). Важной предпосылкой устойчивого развития отрасли экономики, сектора, направления деятельности является активность инвестиционных процессов в них.

Как показал анализ, инвестиционная активность цифровой экономики Республики Беларусь в 2020–2023 гг. (таблица 1) характеризуется поступательным ростом удельного веса ее инвестиций в общереспубликанском объеме при снижающейся эффективности их вложений.

*Таблица 1 – Показатели развития цифровой экономики на республиканском уровне [1]*

Показатель	Цифровая экономика	2020	2021	2022	2023
Удельный вес валовой добавленной стоимости в % к ВВП	<b>Всего</b>	<b>7,8</b>	<b>7,9</b>	<b>6,9</b>	<b>6,0</b>
	сектор ИКТ	7,3	7,5	6,5	5,5
	сектор контента и СМИ	0,3	0,3	0,2	0,2
ВДС в процентах к предыдущему году (в сопоставимых ценах), в %	<b>Всего</b>	<b>109</b>	<b>109,2</b>	<b>97,5</b>	<b>94,6</b>
	сектор ИКТ	109,4	109,9	97,2	91,7
	сектор контента и СМИ	89,6	95,6	94,6	106,7
Инвестиции в основной капитал, млн. руб.	<b>Всего</b>		<b>890,4</b>	<b>848,3</b>	<b>1385,5</b>
	сектор ИКТ		836,2	749,6	1330,2
	сектор контента и СМИ		37,7	53,8	40,8
Индекс физического объема инвестиций в основной капитал (ИОК), в % к предыдущему году в сопоставимых ценах	<b>Всего</b>	<b>84,1</b>	<b>103,5</b>	<b>83,4</b>	<b>146,7</b>
	сектор ИКТ	87,1	103,5	78,5	159,4
	сектор контента и СМИ	37,3	113,9	124,9	68,3
Удельный вес ИОК в общереспубликанском объеме ИОК, в %	<b>Всего</b>	<b>2,6</b>	<b>2,9</b>	<b>3</b>	<b>3,7</b>
	сектор ИКТ	2,4	2,7	2,6	3,6
	сектор контента и СМИ	0,1	0,1	0,2	0,1

Данная тенденция присуща всем регионам республики с концентрацией основного объема инвестиций, или более 70 %, в г. Минске (в 2020 году – 373,4 млн руб. и в 2023 году – 382,4 млн руб.), Минской (105,2 млн руб. и 129,0 млн руб. соответственно) и Брестской областях (55,2 млн руб. и 494,2 млн руб. соответственно).

Так, удельный вес инвестиций в цифровую экономику (секция J «Информация и связь») в общем объеме инвестиций в основной капитал Брестской области вырос с 1,7 % в 2020 году до 8,9 % в 2023 году, Витебской – с 1,8 % до 2,6 %, Гомельской – с 1,7 % до 2,6 %, Могилевской – с 1,7 % до 2,6 %, Пинской – с 1,7 % до 2,6 %, Житомирской – с 1,7 % до 2,6 %, Черкасской – с 1,7 % до 2,6 %, Киевской – с 1,7 % до 2,6 %, Львовской – с 1,7 % до 2,6 %, Тернопольской – с 1,7 % до 2,6 %, Винницкой – с 1,7 % до 2,6 %, Хмельницкой – с 1,7 % до 2,6 %, Одесской – с 1,7 % до 2,6 %, Закарпатской – с 1,7 % до 2,6 %, Ивано-Франковской – с 1,7 % до 2,6 %, Черновицкой – с 1,7 % до 2,6 %, Львовской – с 1,7 % до 2,6 %, Тернопольской – с 1,7 % до 2,6 %, Винницкой – с 1,7 % до 2,6 %, Хмельницкой – с 1,7 % до 2,6 %, Одесской – с 1,7 % до 2,6 %, Закарпатской – с 1,7 % до 2,6 %, Ивано-Франковской – с 1,7 % до 2,6 %, Черновицкой – с 1,7 % до 2,6 %.

Гомельской – с 1,1 % до 1,6 %, Гродненской – с 1,0 % до 1,7 %, в г. Минске поступательно снижался с 6,5 % до 5,1 % соответственно, сохранился на уровне 1,4 % в Минской и 2,5 % в Могилевской областях. Отмечалась постепенно повышающаяся динамика роста инвестиций к предыдущему году в Брестской области (в 2020 году – темп 81,0 %, в 2021 году – 144,3 %, в 2022 году – 151,8 %, в 2023 году – 284,0 %), постепенно снижающаяся с восстановительным ростом до 110,4 % в 2023 году в Минской области (в 2020 году - 112,7 %) и снижающаяся с 2021 года в Витебской области (в 2021 году – 165,8 %, в 2023 году – 81,9 %). Для остальных регионов характерна цикличность инвестиционных процессов со снижением прироста объема инвестиций в 2020 и 2022 годах и восстановлением в 2021 и 2023 годах (Гомельская область – темп роста в 2023 году 105,4 %, Гродненская и Могилевская - 105,9 %, г. Минск – 147,5 %). При этом валовая добавленная стоимость цифровой экономики в 2020 – 2023 годах во всех регионах имела тенденцию к снижению (Брестская область – в 2020 году темп роста к предыдущему году 107,0 %, в 2023 году – 97,5 %; Витебская – 111,5 % и 96,5 %; Гомельская – 106,4 % и 96,3 %; Гродненская – 106,1 % и 96,6 %; Минская – 103,6 % и 98,8 %; Могилевская – 105,5 % и 102,0 %; г. Минск – 110,9 % и 82,0 % соответственно) с одновременным сокращением ее удельного веса в валовом региональном продукте (Брестская область – с 3,3 % в 2020 году до 2,3 % в 2023 году, Витебская – с 3,2 % до 2,8 %, Гомельская – с 3,1 % до 2,2 %, Гродненская – с 3,2 % до 2,0 %, Минская – с 1,4 % до 0,7 %, Могилевская – с 3,1 % до 2,3 %, г. Минск – с 20,1 % до 10,5 % соответственно) [2].

Необходимым условием благополучного развития региональной экономической системы является наличие собственной инвестиционной стратегии, реализуемой в рамках общей стратегии развития и ориентированной на приумножение экономического потенциала и опережающее создание предпосылок к росту новых производств на основе развития сектора разработки цифровых технологий и дальнейшей цифровизации всех сфер деятельности.

В связи с чем все большую значимость в развитии экономических систем приобретает детальное стратегическое планирование. В ходе формирования планов и прогнозов целесообразным является смещение акцента на распространение инноваций, совершенствование условий для осуществления научной, научно-технической и инновационной деятельности, и, прежде всего, повышение инвестиционной активности цифрового сектора экономики с учетом детального планирования масштабов, интенсивности, эффективности (отдачи) инвестиционных вложений, определение перспективных направлений (проектов) вложения средств с учетом требований, предъявляемых к продукту потенциальными пользователями цифровых технологий и услуг. При этом, одним из важных направлений инвестирования на современном этапе как на региональном, так и республиканском уровне, выступает развитие цифровой инновационной инфраструктуры посредством формирования интеграционных структур при участии науки, образования, государства и бизнеса для разработки и реализации новаторских идей научно-технической деятельности.

## Список использованных источников

1. Экономическая статистика // Интерактивная информационная аналитическая система распространения официальной статистической информации. – URL : <http://www.belstat.gov.by>. – Дата обращения: 15.10.2024.
2. Регионы Республики Беларусь стат. сб.: в 2 т. / Нац. стат. к-т Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск: Нац. стат. к-т Респ. Беларусь, 2024. Т. 1 – 698 с.

## ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

*Немогай<sup>1</sup> Н. В., Бонцевич<sup>2</sup> Н. В., Колесников<sup>3</sup> С. Д.*

*<sup>1</sup>К.т. н., доцент кафедры экономики и информационных технологий  
Гомельского филиала Международного университета «МИТСО»  
Республика Беларусь, Гомель, niknetogay@tut.by*

*<sup>2</sup>Доктор экономических наук, профессор кафедры экономики  
и информационных технологий  
Гомельского филиала Международного университета «МИТСО»  
Республика Беларусь, Гомель, nvbont@mail.ru*

*<sup>3</sup>К.э.н., доцент, директор Гомельского филиала  
Международного университета «МИТСО»  
Республика Беларусь, Гомель, gf@mitso.by*

Исследуются методологические подходы к формированию и практическому использованию инновационной системы обучения и принятия управленческих решений (ИСОПУР), имеющей следующее содержание: окружение (О) – методика (М) – экономика (Э) – техника (Т) – управление (У) – конкурентоспособность (Ксп), т. е. ОМЭТУКсп [1, 2].

Показано, что пошаговое (в порядке значимости) содержание базовых терминов (понятий) инновационной СОПУР (ИСОПУР – ОМЭТУКсп) применительно к УВО, обладающему повышенным уровнем адаптации к современной геополитической нестабильности, может быть раскрыто следующим образом [2].

1-й шаг. *Окружение (О)* (или внешнее окружение, **определяющее кто, и каким образом воздействует на УВО со стороны**) – первая составляющая ИСОПУР – начало работ по обеспечению конкурентоспособности УВО в современных условиях. Рассмотрено влияние внешнего окружения на конкурентоспособность объектов и УВО, в том числе, проявляющееся в политической, экономической, научно-технологической и других сферах.

2-й шаг. *Методика (М)* – вторая составляющая ИСОПУР – учитывающая то, что современные педагоги (а соответственно и подготовленный персонал разного уровня) должны владеть методами и механизмами действия экономических

законов, применения научных подходов и принципов к управлению в УВО. Отмечено, что основное назначение второй составляющей – формирование (подготовка) специалистов с высоким уровнем человеческого капитала, представляющего собой совокупность навыков, воплощенных в человеке: образование (в том числе в сфере искусственного интеллекта – ИИ), харизма, созидательность, опыт работы, предпринимательская энергия, способность выживать в экстремальных условиях.

3-й шаг. *Экономика (Э)* – аспект ИСОПУР, выступающий как совокупность знаний, умений и конкурентных преимуществ в различных областях макро- и микроэкономики, ресурсо- и энергосбережения и т. д. Переход на пятый (а в некоторых случаях и на шестой) технологический уклад обязывает осуществлять подготовку специалистов в УВО на базовых аспектах конкурентоспособной экономики, т. е. философии нового видения и мышления, управления знаниями в целях повышения качества процессов во всех средах и отраслях, активизации инновационной деятельности.

4-й шаг. *Техника (Т)* – аспект ИСОПУР, представляющий собой материальную основу разработки (проектирования) и организации учебного и научно-исследовательского процесса в УВО. Компоненты представленного аспекта: технический уровень УВО, инструментарий учебно-образовательных технологий, технологическое оборудование, средства электронно-информационного оснащения и другие элементы, направленные на формирование качественной «облачной» информационно-образовательной среды.

5-й шаг. *Управление (У)* – пятый аспект инновационной ИСОПУР – один из наиболее сложных, так как отечественным педагогам разного уровня приходится работать в условиях жесткой конкуренции. В таких условиях управление представляет собой общую функцию организованной системы (УВО), направленную на сохранение ее целостности и выполнению ею своих целей и задач. Данная общая функция реализуется использованием отдельных (самостоятельных) функций: планирование – Р, деятельность – D, контроль – С, усовершенствование (принятия управленческих решений) – А. Рассмотрены аспекты, обуславливающие актуальность и необходимость принятия соответствующих управленческих решений в современных условиях.

6-й шаг. *Конкурентоспособность (K<sub>сн</sub>)* – шестой аспект инновационной СОПУР – выступает как обобщающий результат обучения или работы по предыдущим пяти аспектам. Конкурентоспособность УВО определяется его конкурентными преимуществами по отношению к другим УВО данного профиля. При этом конкурентные преимущества УВО являются многофакторными и обусловлены в первую очередь его активностью в подготовке современных конкурентоспособных специалистов.

В частности, исследовались факторы обеспечения конкурентоспособности персонала в современных условиях, учитывающих влияние внутренних и внешних угроз, посредством концепции «три 3-э», с оценкой как сущности, так и взаимосвязи ее составных понятий (компонентов): 1 – «знания», 2 – «здоровье», 3 – «забота о ближнем».

Показано, что к традиционным компонентам элемента триады: «знания» в современных условиях должны быть добавлены следующие составляющие: знания исторического прошлого страны, национальной культуры, основ истории религии и Отечества, а также инструментов конкурентоспособной экономики и ИИ. Во второй блок должны быть включены следующие факторы: здоровье во всех его проявлениях (как источник мужества, стойкости, силы), направленное (с учетом принципов духовности, уважения к истории страны и любви к Родине) на традиционные семейные ценности и обеспечение защиты Отечества от внешних и внутренних угроз. Сущность третьего компонента триады «три З (зэ)» – «забота о ближнем» должна рассматриваться в контексте происходящих в окружающей среде событий и иметь измененную характеристику его составляющих, включая в их составе такие факторы, как любовь к Родине, «соблюдение законности» и «патриотизм».

Факторы конкурентоспособности персонала, объединенные в виде концепции «три З-э» (знания, здоровье; забота о ближнем), в современных условиях соотносятся между собой приблизительно как 3:2:5. Иными словами, третий компонент концепции «три З-э», вследствие жизненной необходимости выходит на первое место (первый уровень).

Последние события в Беларуси указывают на жизненно важную необходимость расширения практики использования ИСОПУР, в частности, в рамках преподавания дисциплины «Конкурентоспособность организации (предприятия)» в отечественных УВО экономической, юридической и инженерной направленности с выделением социальной составляющей подготовки специалистов (патриотичность, любовь к Родине и т. п.), будущих руководителей и персонала организаций. Вместе с тем в планах Минобразования Республики Беларусь ежегодно сокращается число специальностей и количество учебных часов по данному направлению.

#### **Список использованных источников**

1. Фатхутдинов Р. А. Управление конкурентоспособностью организации: учебник / Р. А. Фатхутдинов. – 3-е изд. – М. : Маркет ДС, 2008. – 432 с.
2. Немогай, Н. В. Конкурентоспособность предприятия: учебник / Н. В. Немогай, Н. В. Бонцевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : РИВШ, 2023. – 524 с.

# ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ УВО

*Немогай<sup>1</sup> Н. В., Бонцевич<sup>2</sup> Н. В., Колесников<sup>3</sup> С. Д.*

*<sup>1</sup>К.т. н., доцент кафедры экономики и информационных технологий  
Гомельского филиала Международного университета «МИТСО»  
Республика Беларусь, Гомель, niknetogay@tut.by*

*<sup>2</sup>Д. э. н., профессор кафедры экономики и информационных технологий  
Гомельского филиала Международного университета «МИТСО»  
Республика Беларусь, Гомель, nvbont@mail.ru*

*<sup>3</sup>К.э.н., доцент, директор Гомельского филиала  
Международного университета «МИТСО»  
Республика Беларусь, Гомель, gf@mitso.by*

С учетом современной обстановки представлены методологические подходы к рассмотрению основ повышения системы управления конкурентоспособностью (СУКсп) учреждения высшего образования (УВО), путем создания соответствующей инновационной модели инновационной СУКспУВО, адаптированной к глобальной геополитической нестабильности, а также анализа ее элементов, ответственных за методологию подготовки современных специалистов [1, 2]. Анализ исследований в указанной области показал, что разработанная модель ИСУКсп УВО может быть представлена в виде двух взаимодействующих между собой (прямыми и обратными связями) блоков: 1) внешнее окружение; 2) внутренняя структура [3, 4].

1. К компонентам внешнего окружения модели относится: вход, выход, обратная связь, связь с внешней средой.

К входу ИСУКсп УВО относятся: а) трудовые, материальные, информационные, финансовые и другие ресурсы; б) процедура профессионального приема абитуриентов.

К элементам *выхода* модели, определяющим ожидания рынка от системы высшего образования, относятся выпускники, обладающие конкурентоспособными навыками и преимуществами по сравнению с другими специалистами: умение разрабатывать модель ИСУКсп заданного объекта и способность управлять коллективом.

К компонентам *обратной связи* модели относятся: отзывы (рекламации) и предложения потребителей (заказчиков) УВО о повышении конкурентоспособности его выпускников; число и конкурентоспособность результатов НИОКТР; число и престижность полученных УВО премий, призов, дипломов, сертификатов и др.

К *внешней среде* модели, определяющей кто и как воздействует на УВО со стороны, относятся макросреда, мезосреда или инфраструктура региона и микросреда.

Факторами конкурентоспособности УВО выступают: уровень конкурентоспособности специалистов (выпускников), а также конкурентный потенциал

УВО /интегральный показатель, сочетающий организационно-технический уровень учебно-образовательного процесса (качество процессов) и уровень менеджмента (качество управления).

2. Внутренняя структура модели ИСУКсп УВО, или «черный ящик», состоит из взаимодействующих между собой (прямыми и обратными связями) подсистем: научного сопровождения, целевой, обеспечивающей, управляемой и управляющей.

2.1. Составная часть научного сопровождения модели включает в себя различные инструменты, которые основаны на концепциях и принципах конкурентоспособной экономики. Эти инструменты включают методологические и методические основы, а также научные принципы и методы управления конкурентоспособностью системы высшего образования, которые адаптированы под современные условия, в том числе: целями конкурентоспособности и конкурентными преимуществами национальной экономики; взаимосвязь и взаимодействие последней с рынками государства, а также с мировой экономикой.

2.2. Целевая подсистема модели определяет цели и стратегии, направленные на обеспечение конкурентоспособности системы высшего образования в настоящем и будущем. Это достигается через конкурентоспособность учебно-образовательных услуг (которая определяется качеством, ценой, затратами на образовательный процесс, маркетинговой активностью, эффективностью управления). Основные результаты подсистемы – стратегия повышения конкурентоспособности системы высшего образования, соответствующая целям социально-экономического развития страны и конкурентоспособности национальной экономики.

2.3. Обеспечивающая подсистема модели основана на сочетании следующих основных компонентов: правовом, методическом, ресурсном, информационном (с использованием CALS-технологий), защитном (охранном). Продуктами этой подсистемы являются научно обоснованные ресурсы, включающие информационные, трудовые, основные и оборотные средства, а также материальные и нематериальные ресурсы.

2.4. Управляемая подсистема модели включает разработку мероприятий (продуктов), которые направлены на достижение стратегических и тактических целей по повышению конкурентоспособности управляемого объекта. Эти мероприятия основаны на принципах расширенного воспроизводства и инвестиционного развития, реализации маркетингово-логистической политики (сочетающей функции стратегической и тактической логистики, а также тактического маркетинга и тактической логистики), инновационного, финансового, ресурсо – энергосберегающего и антикризисного менеджмента.

2.5. Управляющая подсистема модели включает задачи, формы, методы и функции управления конкурентоспособностью УВО. Продукты подсистемы – прогнозы, планы, структуры, результаты анализа, оценки и стимулирования повышения конкурентоспособности УВО, в том числе за счет использования механизма равноправного государственно-частного партнерства (ГЧП).

Большой практический интерес представляет возможность использования методики разработки модели ИСУКсп УВО в качестве комплексного

исследовательского сквозного задания (КИСЗ), выполняемого при подготовке конкурентоспособных кадров (человеческих ресурсов: персонала, специалистов, руководителей и государственных служащих, преподавателей, студентов) экономической, юридической и инженерной направленности, активно разрабатываемого в Гомельском филиале Международного университета «МИТСО». Без них в условиях жесткой конкуренции бесполезно надеяться на решение каких-либо крупных (комплексных, системных) социально-экономических проблем. Именно поэтому персонал стоит на первом месте в ряду объектов конкурентоспособности предприятия.

### **Список использованных источников**

1. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь». URL: [https://www.mil.by/ru/military\\_policy/basic/konсер\\_](https://www.mil.by/ru/military_policy/basic/konсер_). – Дата обращения: 10.01.23.
2. Фатхутдинов, Р. А. Управление конкурентоспособностью вуза / Р. А. Фатхутдинов. // Высш. образов. в России. – № 9. – 2006. – С.37–41.
3. Немогай, Н. В. Конкурентоспособность предприятия: учебник / Н. В. Немогай, Н. В. Бонцевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : РИВШ, 2023. – 524 с.
4. Колесников, С. Д. Конкурентоспособность учреждения образования: системно – процессный подход / С. Д. Колесников, Н. В. Немогай // Веснік Магілеўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А. А. Куляшова. – 2020. – №1(55). – С. 24–30.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА: ПРОБЛЕМЫ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В БУХГАЛТЕРСКОМ УЧЕТЕ**

*Потанова Н. В.*

*К. э. н., доцент, заведующий кафедрой бухгалтерского учета, анализа и аудита  
УО «Брестский государственный технический университет», Республика Беларусь  
224017, г.Брест, ул. Московская, 267, pnatv@tut.by*

Достижения в области технологий, аналитики данных и искусственного интеллекта преобразуют бухгалтерский учет, создавая новые возможности для улучшения финансовой отчетности и принятия решений. Будущее бухгалтерского учета, а также изменения в стандартах и правилах бухгалтерского учета определяются этими тенденциями и меняющимися потребностями бизнеса.

Современный бухгалтерский учет представляет собой регулируемый институциональный процесс отчетности и формирования информации об экономической деятельности и связанных с ней способов накопления добавленной стоимости и капитала. Бухгалтерский учет стал частью процесса обмена капиталом, помогая бизнесу принимать решения по управлению капиталом.

Рост экономики знаний обусловлен непрерывным развитием человеческого общества, экономики, науки и техники. Источник экономической стоимости



компаний зависит от создания и управления интеллектуальным капиталом (IC). В результате концепция интеллектуального капитала, которая оценивает знания, навыки, отношения, процессы, инновации и другие компоненты нематериальных активов, стала важнейшим фактором бизнеса. Современная теория бухгалтерского учета преобразуется для обеспечения стандартизированного и сопоставимого подхода при использовании отчетов бухгалтерского учета и отчетности об IC. Измерение и признание интеллектуального капитала в финансовой отчетности не ограничиваются юридическими требованиями, в тоже время имеются дискреционные и контекстуальные рекомендации. Несмотря на переход от индустриальной экономики к экономике знаний, финансовая отчетность недостаточно адаптирована к наиболее значительным изменениям в части раскрытия информации об интеллектуальном капитале организации.

Субъекты бизнеса осознают, что рыночные мультипликаторы, связанные с их нематериальными активами (патенты, товарные знаки, коммерческие тайны, брендинг и т. д.), часто намного больше, чем мультипликаторы, связанные с денежными потоками, генерируемыми их материальными активами. Проблема заключается в реализации деловых практик и информационных систем для управления и использования этих интеллектуальных активов, поскольку традиционные подходы к учету, мониторинг физических активов и инвентаризация предназначены для управления материальными активами.

Растущее значение интеллектуального капитала и растущее число организаций, для которых эти активы являются основными для создания стоимости, требуют информации о рынке интеллектуального капитала для инвесторов и других заинтересованных сторон. Поскольку нематериальные активы, такие как знания и инновации, становятся все более важной частью корпоративной стоимости, обостряется проблема того, как отчитываться и раскрывать стоимость этих активов в отчетности организации, а также как объяснять прибыль, получаемую от этих средств. Организации, которые используют интеллектуальные активы для создания стоимости, как правило, показывают высокую рентабельность активов. Некоторые из этих активов не подлежат раскрытию в балансе, хотя они способствуют получению прибыли, отражаемой в отчете о прибылях и убытках. Соответственно, с изменением факторов производства или активов, создающих стоимость, с менее физических на более нематериальные возникает необходимость в изменении структуры бухгалтерского учета и раскрытии информации в годовых отчетах [1].

Несмотря на то, что стоимость интеллектуального капитала компании не обязательно должна быть равна разнице между рыночной стоимостью и балансовой стоимостью компании, стоимость этих нематериальных активов включена в рыночную стоимость бизнеса и, следовательно, их стоимость способствует разрыву между рыночной стоимостью бизнеса и его балансовой стоимостью. Исследователи активно разрабатывают модели, которые можно использовать для измерения стоимости интеллектуального капитала. Например, одна из моделей была разработана на основе системы параллельного наблюдения за прогрессом [2]. Эта модель разделяет рыночную стоимость финансового капитала

и интеллектуального капитала, чтобы позволить идентифицировать и измерить компоненты интеллектуального капитала.

Трудности признания нематериальных активов в балансе обосновываются непоследовательностью будущих экономических притоков от таких активов. Как следствие, текущие системы учета с большей вероятностью завышают затраты на инвестирование в нематериальные активы и откладывают признание их выгод.

Отсутствие единого определения ИС расширило выбор отчетности об ИС. В литературе представлено четыре метода раскрытия информации: отчетность в виде коэффициентов как на межфирменном, так и на внутрифирменном уровне; отчетность в виде показателей для представления видения фирмы, категорий ИС и доходности по статьям ИС; отчетность об элементах ИС; отчетность о структуре ИС [2].

При этом для измерения и отчетности по интеллектуальному капиталу между фирмами используются шесть общих показателей: рыночная стоимость к чистой балансовой стоимости; коэффициент Тобина (Q Ratio or Tobin's Q) – отношение рыночной стоимости активов к их балансовой стоимости; расчетная нематериальная стоимость; прямой ИС; оценка капитала знаний Баруха Лева; оценка капитала знаний Пола Штрассмана [2].

Существует три способа построения индикаторов для отчетности по ИС внутри фирм. Это индикаторы как движущие силы видения, индикаторы для представления интеллектуальных категорий и индикаторы для представления межкапиталовложений [3].

Эти варианты предоставляют фирмам возможность выбирать наилучший способ отчетности об ИС с целью привлечения инвесторов. Широкий выбор показателей ICR для отчетности как внутри организаций, так и между ними, позволяет манипулировать им своими экономическими соглашениями и интересами в нерегулируемой среде.

### Список использованных источников

1. Потапова, Н. В. Факторы формирования профессионального суждения бухгалтера в современном обществе / Н. В. Потапова // Бухгалтерский учет, анализ и аудит: история, современность и перспективы развития : Материалы XV Международной научной конференции., Санкт-Петербург, 21 октября 2020 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020. – С. 257–262.

2. Minovski, Z. Jancevska I. : The role on intellectual capital and its accounting recognition and measurement / Z. Minovski, I. Jancevska // Journal of Contemporary Economic and Business Issues, 2018. – Vol. 5, Iss. 1. – pp. 67–76. – URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/193485/1/spisanie-vol-5-br-1-trud-5.pdf> – Date of access: 01.10.2024.

3. Бусыгин, Д. Ю. Методологические аспекты оценки интеллектуального капитала / Д. Ю. Бусыгин // Бухгалтерский учет и анализ. – 2023. – № 8 (320). – С. 51–55.

## БЛОКЧЕЙН КАК ТЕХНОЛОГИЯ АДРЕСНОЙ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ ТАМОЖЕННЫХ ОРГАНОВ

*Потапова<sup>1</sup> Н. В., Ковалевская<sup>2</sup> Ю. Д.*

<sup>1</sup>*К. э. н., доцент, заведующий кафедрой бухгалтерского учета, анализа и аудита  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267  
pnatv@tut.by*

<sup>2</sup>*Студентка экономического факультета, гр.ТД1,  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267*

Цифровой трансформации подвергается не только производственная, но и социальная сферы, включая образование.

Высшее образование и подготовку таможенных кадров можно рассматривать как своеобразный «мост», который призван обеспечить переход всей таможенной системы в цифровую эпоху через обучение и подготовку специалистов, обладающих цифровыми компетенциями. В качестве предпосылок для цифровой трансформации профессиональной подготовки можно обозначить такие как проникновение в образовательную область различных информационных технологий, изменивших сам процесс обучения; организационно-методические аспекты, касающиеся технологий и программ обучения, методов и средств, форм учебной деятельности, планируемых образовательных результатов [1].

Актуальность данной темы обусловлена тем, что система образования участвует в формировании важнейшего ресурса таможенных органов – человеческого капитала. Профессионализм и ответственное выполнение своих обязанностей сотрудниками таможни имеют существенное влияние на процесс исполнения бюджета государства и обеспечение экономической безопасности.

Цель работы состоит в изучении особенностей и перспектив внедрения технологии блокчейн в систему образования и профессиональной подготовки кадров таможенных органов.

В качестве предпосылок для цифровой трансформации таможенного образования можно обозначить не только развитие различных информационных технологий, но и необходимость повышения эффективности кадрового потенциала таможенной службы за счет формирования новых компетенций, в том числе цифровых [2].

Цифровая трансформация образования и профессиональной подготовки таможенных кадров может быть представлена в трех аспектах:

- использование цифровых технологий для оптимизации организации и построения образовательного процесса в вузе;
- использование цифровых технологий для оценки степени освоения материала, компетенций, построения и корректировки индивидуальных образовательных траекторий;

– организация специальных курсов по обучению цифровым технологиям для профессиональных целей.

Использование различных цифровых технологий в высшем образовании и профессиональной подготовке кадров должно стимулировать развитие исследовательской деятельности, повышать качество самостоятельной работы обучающихся и способствовать интенсификации образовательного процесса. Итогом процесса получения высшего образования в условиях цифровизации должно стать освоение выпускниками цифровых компетенций, представляющих собой набор умений и знаний, необходимый для осуществления профессиональной деятельности с использованием цифровых технологий. Среди цифровых компетенций, которыми должны овладеть будущие специалисты-таможенники, можно выделить следующие: навыки работы с прикладными программами, цифровым оборудованием, цифровой информацией, навыки коммуникации в цифровой среде.

Среди цифровых инструментов, способных вывести процесс профессиональной подготовки специалистов в области таможенного дела на новый качественный уровень, можно выделить технологию блокчейн.

Блокчейн – развивающаяся технология, которая представляет собой базу данных, содержащую информацию в виде цепочки блоков [3]. Блокчейн может применяться в сфере образования для формирования цифрового портфолио: хранения аттестатов и дипломов, экзаменационных и творческих работ, результатов экзаменов и образовательных достижений. Так как блокчейн представляет собой децентрализованную систему хранения информации, то изменений информации у любой из сторон автоматически отображается у каждого из участников [3]. Поэтому наиболее перспективным направлением использования технологии блокчейн в обучающей среде является «адресная» подготовка будущих сотрудников таможенных органов в системе целевой подготовки. То есть, если образовательной организацией вносится информация по результатам экзамена и другим учебным достижениям студента, которого предприятие планирует взять на работу, то она сразу становится видна и работодателю без необходимости в копировании, переносе данных. Аналогично организуются и требования работодателя к будущим сотрудникам: корректировка компетенций, должностных обязанностей, количества рабочих мест и другое. Все изменения отражаются в общей информационной среде. Для обучаемых – это возможность на начальном этапе обучения узнать больше о своем рабочем месте, трудовых функциях, необходимых компетенциях, условиях стать успешным специалистом. Это также способствует повышению мотивации студентов в освоении образовательной программы.

Таким образом, посредством блокчейна таможенный орган получает возможность оперативно и напрямую определять те компетенции у специалистов, которые необходимы для внедрения и формирования у будущих специалистов с учетом текущей внешнеэкономической ситуации. Также таможенные органы смогут отбирать из числа обучающихся тех, кому они могли бы предоставить рабочее место и распределяться рабочие места в соответствии с интеллектуальными, психоэмоциональными и физическими способностями будущих служащих.

Отслеживание успешности освоения учебной программы создает возможность для поощрения образовательных успехов со стороны работодателя в виде дополнительных выплат, стипендий, оплаты проживания в общежитии и др. Тем самым работодатель привлекает и заинтересовывает обучающегося к поступлению на службу в конкретное подразделение таможенных органов и повышает мотивацию к совершенствованию своего профессионального мастерства. Студент, участвующий в этом процессе, получает полное представление о своем будущем месте работы и условиях достижения профессиональной успешности. Учреждения образования в свою очередь получают возможность оперативно корректировать учебные программы, осуществлять повышение квалификации преподавателей для формирования востребованных компетенций, развивать учебную и материальную базы.

Таким образом, процессы цифровой трансформации и технология блокчейн в частности, позволят обеспечить единство процессов обучения и подготовки кадров, профориентационной деятельности и кадровой политики таможенных органов. Новые технологии, по сравнению с традиционными, позволят значительно улучшить процесс профессиональной подготовки кадров за счет оптимизации и автоматизации отдельных функций, предоставления дополнительных возможностей, развития личностно ориентированного обучения. Блокчейн обеспечивает возможность сетевой формы взаимодействия учреждений образования и таможенных органов для «адресной» подготовки специалистов с определенными компетенциями и опытом решения профессиональных задач. Это поможет сделать учебный процесс более гибким и эффективным.

### **Список использованных источников**

1. Зарипова, Р.С. Глобальные тренды современного образования / Р. С. Зарипова // NovaUm.Ru. 2018. № 13. С. 232–234.
2. Зарипова, Р. С. Современные тенденции информатизации образования / Р. С. Зарипова, С. П. Миронов // NovaUm.Ru. – 2018. – №12. – С. 18–19.
3. Потапова, Н. В.; Ковалевская, Ю. Д. Анализ зарубежного и отечественного опыта профессиональной подготовки специалистов таможенного дела / Н. В. Потапова, Ю. Д. Ковалевская // Вестник БрГТУ 2024, 190-195.
4. Blockchain in education. – URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/openeducation>. – Date of access: 07.10. 2022.
5. Блокчейн в сфере образования. – URL : [https://%20В%20О/Блокчейн%20в%20сфере%20образования%20\\_%20Хабр.html](https://%20В%20О/Блокчейн%20в%20сфере%20образования%20_%20Хабр.html). – Дата обращения : 30.09.2024.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ

*Приймачук И. В.*

*Старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267  
primaira@mail.ru*

В современном мире цифровые технологии становятся драйвером экономического развития. Развитие интеллектуальной экономики становится основным источником конкурентоспособности и устойчивости, открывает новые возможности для повышения производительности, эффективности и инноваций во всех сферах деятельности. Умение использовать современные технологии и создавать интеллектуальные решения – это конкурентное преимущество на рынке. Развитие интеллектуальной экономики помогает предприятиям повысить свою конкурентоспособность за счет предложения новых продуктов и услуг, оптимизации процессов и эффективного управления. Интеллектуальная экономика способствует созданию устойчивых экономических моделей, которые обеспечивают уровень жизни нынешнего и будущих поколений без ущерба для окружающей среды и ресурсов. Это важно для обеспечения стабильности и устойчивого развития в будущем.

Рост населения, изменение климата, социальные и экономические вызовы требуют новых подходов к экономическому развитию. Интеллектуальная экономика открывает пути решения этих проблем и использования новых возможностей для устойчивого развития. Поэтому развитие интеллектуальной экономики является ключевой задачей для многих предприятий, а изучение этой темы помогает понять и решить сложные задачи экономического развития в современном мире. Это означает сокращение использования ресурсов, уменьшение выбросов в атмосферу и рациональное использование энергии, что способствует сохранению окружающей среды и поддержанию экологической устойчивости. Стремительное развитие технологий создает новые возможности для создания и развития новых бизнес-моделей и продуктов. Интеллектуальная экономика требует развития интеллектуальной инфраструктуры, включая быстрый доступ к Интернету, развитие цифровых платформ и сервисов, а также поддержку инновационных отраслей, способствующих развитию и росту бизнеса. Интеллектуальная экономика открывает предприятиям доступ к новым рынкам и возможностям благодаря расширению глобальных сетей сотрудничества и торговли. Это позволяет повысить конкурентоспособность и устойчивость экономики в условиях глобализации. Потенциальное влияние интеллектуальной экономики на конкурентоспособность и устойчивость включает в себя повышение производительности, снижение затрат, повышение качества продукции и услуг, привлечение инвестиций и стимулирование инновационного развития. Такие изменения способствуют устойчивому экономическому росту и повышению уровня жизни населения.

Основными характеристиками интеллектуальной экономики являются:

- 1) стимулирование исследований и разработок в различных областях, включая науку, технологии, медицину, энергетику и т. д.;
- 2) поддержка инновационных предприятий и стартапов путем предоставления финансовой помощи, налоговых льгот, грантов и других мер;
- 3) развитие инновационной экосистемы, объединяющей ученых, предпринимателей, инвесторов, государственные органы и другие заинтересованные стороны;
- 4) создание благоприятного климата для коммерциализации и вывода на рынок новых технологий и инновационных продуктов.

Интеллектуальная экономика способствует созданию конкурентоспособных производств и предприятий, что способствует стабильному и устойчивому экономическому развитию.

*Критерии и преимущества интеллектуальной экономики:*

1. Эффективное управление данными.

Интеллектуальная экономика основана на способности собирать, анализировать и использовать большие объемы данных для принятия стратегических решений во всех сферах экономики, от бизнеса до государственного управления.

2. Разработка инноваций.

Цифровые технологии создают благоприятную среду для стимулирования инноваций. Они позволяют предприятиям быстрее разрабатывать и внедрять новые продукты и услуги, что повышает их конкурентоспособность.

3. Повышение производительности труда.

Внедрение современных технологий, таких как искусственный интеллект, автоматизация и робототехника, позволяет повысить производительность труда, снизить затраты и улучшить качество продукции.

4. Создание новых рынков и услуг.

Интеллектуальная экономика способствует развитию новых рынков и услуг в сфере цифровой экономики, электронной коммерции, финансовых технологий и т. д., что расширяет возможности для бизнеса и потребителей.

5. Повышение уровня жизни.

Интеллектуальная экономика помогает повысить доступность и качество услуг для граждан в сфере образования, здравоохранения, транспорта и т. д., что положительно сказывается на их общем уровне жизни.

6. Устойчивое развитие и эффективность использования ресурсов.

Использование цифровых технологий позволяет оптимизировать использование ресурсов и снизить негативное воздействие на окружающую среду, способствуя устойчивому развитию экономики.

7. Создание новых рабочих мест и изменения на рынке труда.

Развитие интеллектуальной экономики требует от работников новых навыков и компетенций. Это открывает новые возможности для трудоустройства, в частности в сфере информационных технологий, цифрового маркетинга, аналитики данных и других смежных областях. В то же время, это может привести

к изменениям в структуре рынка труда и необходимости обучения и переобучения работников.

8. Повышение конкурентоспособности страны на международном рынке.

Страны, активно внедряющие цифровые технологии в свою экономику, имеют преимущество на международном рынке за счет более эффективного использования ресурсов, инноваций и повышения качества продукции и услуг.

9. Стимулирование предпринимательства и инновационных стартапов.

Интеллектуальная экономика создает благоприятные условия для развития малых и средних предприятий и стимулирует появление инновационных стартапов благодаря доступности технологий и ресурсов.

10. Сокращение неравенства.

Предоставляя доступ к цифровым технологиям и навыкам, интеллектуальная экономика может способствовать сокращению неравенства, обеспечивая более широкий доступ к развитию и возможностям трудоустройства для всех слоев населения.

11. Обеспечение кибербезопасности и конфиденциальности.

В условиях перехода к цифровой экономике важно обеспечить защиту от киберугроз и сохранить конфиденциальность пользователей. Эффективные меры кибербезопасности и правовые рамки необходимы для обеспечения доверия к цифровым технологиям.

12. Создание умных городов и инфраструктуры.

Интеллектуальная экономика способствует развитию «умных» городов, где внедряются инновационные технологии для улучшения управления транспортными системами, повышения энергоэффективности, водоснабжения и других аспектов жизни граждан.

Формирование и развитие интеллектуальной экономики – это результат взаимодействия нескольких ключевых факторов, таких как знания, инновации, наука и технический прогресс.

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И СОЦИАЛЬНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА**

*Станкевич Д. В.*

*К. э. н., доцент кафедры экономической теории и логистики  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Республика Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267  
dikovizkayadarya@gmail.com*

Государство является ключевым субъектом социальной политики, выступает главным источником мер поддержки и регулирования, направленных на развитие социального предпринимательства. Возрастающее влияние экологических проблем, расслоение общества, усугубление и обострение проблем неравенства



в мировом сообществе стали причиной формирования и принятия Целей в области устойчивого развития ООН. В итоговом документе «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» содержится 17 глобальных целей и 169 соответствующих задач [1]. Цели и задачи «носят комплексный и неделимый характер и обеспечивают сбалансированность трех компонентов устойчивого развития: экономического, социального и экологического» [1].

В разрезе социального предпринимательства наиболее актуальными для данного сектора являются следующие ЦУР:

- цель 1: повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах;
- цель 8: содействие поступательному всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех.

Одной из задач ЦУР 1 является сокращение доли граждан всех возрастов, живущих за национальной чертой бедности, по крайней мере наполовину. В Республике Беларусь с 2000 года доля населения, живущая за национальной чертой бедности, снизилась в 10,4 раза и составляла в 2021 году 4,1 % [2]. Динамика изменения данного показателя по годам представлена на рис.1.

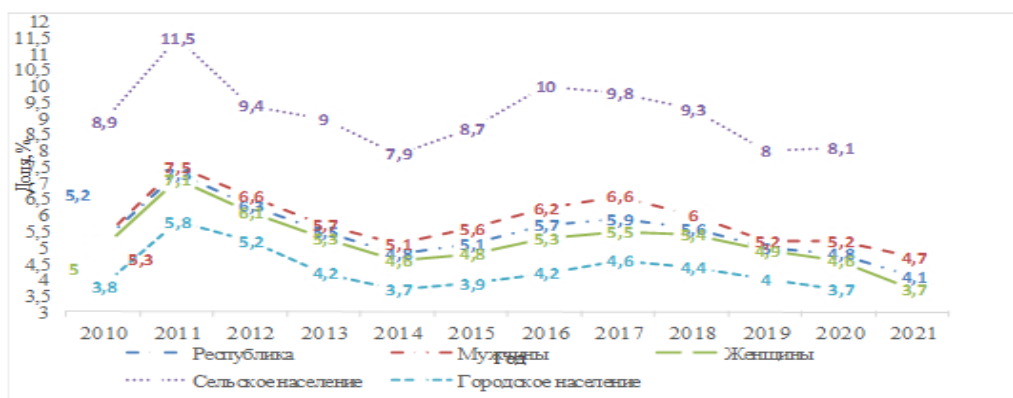


Рисунок 1 – Доля населения, живущего за национальной чертой бедности в разбивке по полу и месту проживания, %

На рисунке 1 видно, что доля населения, живущего за национальной чертой бедности, т. е. доля населения с уровнем среднедушевых располагаемых доходов ниже бюджета прожиточного минимума, в общей численности населения снижается в целом по стране, начиная с 2017 года. Доля мужчин в данной категории на 1,2 п. п. выше доли женщин и на 0,7 п. п. превышает общереспубликанский показатель. Доля сельского населения, живущего за национальной чертой бедности, значительно превышает общереспубликанские значения на протяжении всего периода наблюдений, при этом доля населения, проживающего в сельской местности, ежегодно снижается. Стоит отметить, что расчет данного показателя в рамках реализации Целей устойчивого развития включает категории граждан всех возрастов (0–17 лет), трудоспособного возраста, старше трудоспособного возраста.

Кроме ЦУР 1 важное значение в области поддержки и адаптации инвалидов, а также и развития социального предпринимательства имеет ЦУР 8. Цель 8 ориентирована на «содействие неуклонному, всеохватному и устойчивому

экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех» [1], т. е. речь идет об инклюзивном экономическом росте и развитии общества, где каждый его член или группа имеют равные возможности и доступ к труду, социальному обеспечению. Под инклюзивным экономическим ростом понимается «экономический рост, сопровождаемый созданием благоприятных условий для повышения качества жизни и обеспечения равенства возможностей всех групп населения страны» [1]. Одной из задач ЦУР 8 является «обеспечение полной и производительной занятости и достойной работы для инвалидов, а также равную оплату за равноценный труд» [2]. Сравним на рисунке 2 уровень безработицы по признаку инвалидности и данный показатель в целом по стране.

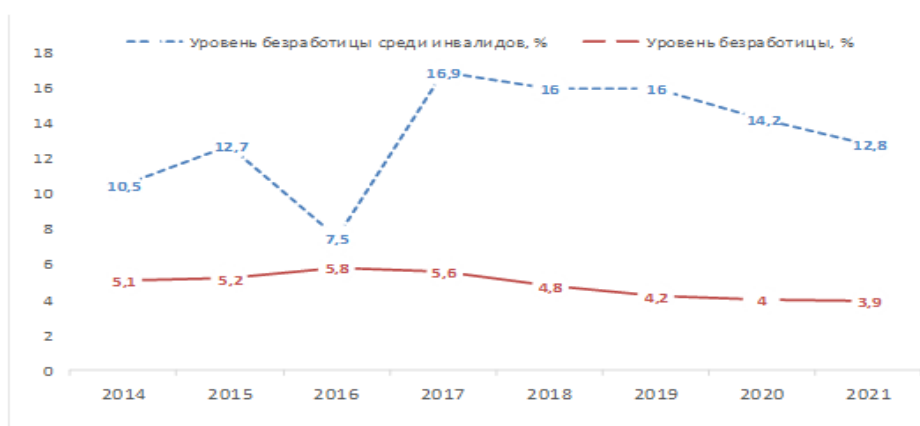


Рисунок 2 – Уровень безработицы среди инвалидов и по стране в целом, %

Исходя из информации, представленной на графике, уровень безработицы среди инвалидов значительно выше общереспубликанского значения на протяжении всего периода исследования. Такая тенденция может быть объяснена сложностью и продолжительностью поиска рабочих мест для инвалидов, отсутствием необходимых технических средств для обеспечения безопасных условий работы инвалида, сложность адаптации, незаинтересованностью работодателей, отсутствием вакансий, необходимого уровня образования или подготовки [3]. Социальные предприятия позволяют снизить влияние указанных тенденций, в первую очередь, упростить процесс адаптации инвалидов.

### Список использованных источников

1. Евразийская экономическая комиссия: Инклюзивный экономический рост в государствах – членах ЕАЭС и мире, 2020 год. – URL: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/cce/Spravka.pdf>. – Дата обращения: 21.10.2024.
2. Национальный перечень показателей Целей устойчивого развития : Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL : [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/SDG/Naz\\_perechen\\_pokas\\_SDG/tse1-8/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/SDG/Naz_perechen_pokas_SDG/tse1-8/). – Дата обращения: 21.10.2024.
3. Станкевич, Д. В. Социальное предпринимательство: теоретические основы и практика государственного регулирования : автореф. дис. ... к-та экон. наук : 08.00.01 / Д. В. Станкевич ; БГЭУ. – Минск, 2023. – 23 с.

# СИСТЕМЫ ПРИВЛЕЧЕНИЯ МИГРАНТОВ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

*Халецкая П. С.*

*студентка 3-го курса гр. ЭЛБ-5*

*УО «Брестский государственный технический университет»*

В современном мире миграция рабочей силы является не только важным аспектом воспроизводства трудоспособного населения, но и частью международных экономических отношений. Миграционные потоки направляются из одних стран в другие, предоставляя преимущества для принимающих стран, помогая компенсировать нехватку рабочей силы и влияя на экономическое развитие. Однако существуют и негативные последствия, такие как увеличение безработицы среди местного населения, демпинг на рынке труда, что приводит к снижению заработной платы для коренных жителей и замедлению экономического роста [1].

Международная миграция рабочей силы включает переселение трудоспособного населения из одной страны в другую с целью поиска работы на срок более одного года. Все миграционные процессы можно разделить на три направления:

1. Эмиграция – выезд из своей страны.
2. Иммиграция – въезд на территорию другой страны.
3. Реэмиграция – возвращение на родину тех, кто ранее уехал.

Миграция может быть внутренней и внешней. Внутренняя миграция происходит внутри одной страны, между ее регионами, в то время как внешняя миграция влияет на численность населения и соотношение между мигрантами и эмигрантами [2].

Можно выделить следующие формы миграции:

1. Безвозвратная миграция.
2. Временно-постоянная миграция, если выезд осуществляется сроком свыше одного, но менее 10 лет.
3. Сезонная миграция привязана к сезонным работам за рубежом. Обычно граждане одной страны въезжают в пределы другой с целью осуществления трудовой деятельности сроком до одного календарного года. Сюда так же относятся перемещение кочевых народов, связанное со скотоводством, цыган и религиозные паломничества.
4. Маятниковая миграция характерна для приграничных зон, где работники ездят на заработки в соседнее государство, а затем, возвращаются назад.
5. Нелегальная миграция – представлена попыткой незаконного проникновения на территорию государства с целью трудоустройства. Либо законного въезда с дальнейшим нелегальным устройством на работу.
6. Вынужденная. Если миграция вызвана войнами, конфликтами и др.
7. Межконтинентальная миграция.
8. «Утечка мозгов» – отъезд за границу ученых, спортсменов и других представителей.

В конце 2023 года число внутренних переселенцев в мире находилось на беспрецедентном уровне – 75,9 миллиона человек. Об этом говорится в опубликованном во вторник отчете Центра мониторинга внутренних перемещений Международной организации по миграции (МОМ).

Рассмотрение популяций международных мигрантов по регионам Организации Объединенных Наций показывает, что Европа в настоящее время является крупнейшим местом назначения международных мигрантов, насчитывая 87 млн мигрантов (30,9 % от всех международных мигрантов), за которой следует Азия с 86 млн международных мигрантов (30,5 %) 9. Северная Америка является местом назначения для 59 млн международных мигрантов (20,9 %), за ней следует Африка с 25 млн мигрантов (9 %) [3].

Одним из основных направлений миграции многих иммигранты – это Европа. По докладу ООН 2022 года – Европа в настоящее время является крупнейшим местом назначения международных мигрантов, насчитывая 87 млн мигрантов (30,9 % от всех международных мигрантов). Миграция происходит как из других стран в Европу, как и между странами ЕС.

Развитые страны Западной Европы, а именно государства, входящие в Евро Союз, притягивают рабочую силу из меньше развитых западноевропейских государств (Испании, Мальты, Португалии), арабских государств Северной Африки и Ближнего Востока, восточноевропейских государств и республик бывшего СССР.

С точки зрения привлекательности Европейского Союза статистика мировой миграции по количеству проживающих в стране иностранцев выделяет десять лидеров [3]: Люксембург – 47,4 %, Мальта – 25,3 %, Кипр – 19,9 %, Австрия – 18,8 %, Эстония – 17,3 %;

Статистика ООН по миграции отмечает основные факторы, привлекающие беженцев в Европейские страны:

1. Отсутствие пограничного контроля внутри ЕС, что позволяет свободно перемещаться по территории.

2. Высокий уровень социальных пособий и возможность устроиться на работу.

Разные государства разрабатывают собственные системы для управления миграцией:

Например, во Франции с 2017 года действует программа «Карта компетенций и талантов» для привлечения высококвалифицированных специалистов. Эта программа дает возможность получить ВНЖ на четыре года с возможностью продления и последующим получением ПМЖ и гражданства. На сегодняшний день это самый долгий срок, на который можно получить ВНЖ в ЕС. А уже через пять лет после переезда можно подавать документы на получение ПМЖ и в дальнейшем (через 10 лет) гражданства Французской Республики.

Цель такой визы заключается в создании благоприятной среды для привлечения иностранных талантливых людей, способствуя развитию экономики, науки, искусства и спорта. Привлечение высококвалифицированных специалистов, инноваторов, исследователей и других талантливых людей, которые могут внести важный вклад в различные сферы деятельности во Франции. При этом

его можно продлить по истечении первоначальных четырех лет, а также получить вид на жительство и переехать могут 11 категорий заявителей вместе с семьями: инвесторы, учредители компаний, основатели инновационных стартапов, квалифицированные работники. Сотрудники инновационных предприятий, высококвалифицированные сотрудники, переведенные в рамках компании, научные сотрудники, артисты и деятели искусств, лица с международным признанием.

В Дании – это система «рабочих карт» (Danish job card scheme), которые дают право быстро получить разрешение на работу (в течение 30 дней) и вид на жительство высококвалифицированным специалистам определенных профессий. Перечень необходимых профессий включает специалистов в области информационных технологий, математиков, физиков, биологов, врачей и средний медицинский персонал. Недавно была введена схема «Зеленых карт» (Green Card scheme), которая позволяет иностранным студентам завершить курсы повышения квалификации в Дании с тем, чтобы остаться в стране на срок до 6 месяцев, за который претендент может найти работу.

С Соединенными Штатами система иммиграции кардинально отличается от других стран. Программа H-1B позволяет американским компаниям нанимать иностранных работников с особыми навыками. Однако эта программа имеет свои ограничения по количеству виз, что порождает конкуренцию среди желающих [4].

Право на получение рабочей визы H-1B имеют работники узкого профиля, специализация которых требует определенных навыков и квалификации, например, инженеры, архитекторы, бухгалтеры, программисты. Специалистам более широкого профиля, таким как менеджеры и маркетологи, получить визу H-1B значительно сложнее.

Также актуальными являются программы семейной иммиграции, при которых граждане и постоянные жители США могут приглашать своих близких. Недавние изменения в миграционной политике направлены на сокращение нелегальной миграции и улучшение контроля над визами.

Канада считается одной из стран с наиболее продуманной и успешной миграционной политикой. Основным инструментом привлечения мигрантов является программа Express Entry, которая позволяет отбирать квалифицированных работников на основе их профессиональных навыков, образовательного уровня и опыта работы. Программа включает три основных потока: Федеральная программа для квалифицированных работников, Провинциальные программы и Канадская опытная классическая программа.

Express Entry – система, в которой каждому претенденту начисляются баллы, в зависимости от образования, опыта работы, знания иностранного языка и других факторов. Максимальное количество баллов – 1200 [5].

Канада активно привлекает мигрантов, так как страна сталкивается с нехваткой рабочей силы в различных секторах, таких как здравоохранение, технологии и строительная индустрия. Важно отметить, что канадская система имеет высокие стандарты для интеграции мигрантов в общество, включая языковые курсы и программы по адаптации.

Австралия использует систему, основанную на балльной оценке, которая позволяет отбирать мигрантов с необходимыми навыками и квалификацией. Основной программой является Skilled Migration Program, которая ориентирована на квалифицированных работников. Мигранты получают баллы за возраст, профессиональные навыки, уровень образования и знание английского языка [6].

Кроме того, Австралия предлагает регионы, которые могут иметь свои собственные программы для привлечения мигрантов в определенные сектора экономики. Система также включает временные визы для работников в высоко востребованных профессиях. Австралийское правительство активно поощряет семейное объединение и предоставляет возможность для обучения и временной работы.

Системы миграции в разных странах имеют свои уникальные подходы, отражающие потребности экономики и особенности общества. Канадская и австралийская модели акцентируют внимание на квалифицированных работниках, а Франция и США обращают внимание на интеграцию и семью. В условиях глобализации эффективная миграционная политика становится важным аспектом для стран, стремящихся к экономическому росту и социальному развитию. Она должна учитывать как потребности рынка труда, так и интересы мигрантов, способствуя их успешной интеграции в новое общество.

#### **Список использованных источников**

1. Зазерская, В. В. Детерминанты формирования региональной экономической политики: трансграничный аспект / В. В. Зазерская // Проблемы и тенденции развития менеджмента и маркетинга в условиях трансформации общества : Материалы Всероссийской (с иностранным участием) научно-практической конференции, Москва, 08 ноября 2023 года. – Москва : Московский международный университет, 2024. – С. 97–103.

2. Миграция рабочей силы, ее причины и виды. – URL : <http://surl.li/sjatto> – Дата обращения: 25.10.2024.

3. Миграционная политика: диагностика, вызовы, предложения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/218427665> – Дата обращения : 25.10.2024.

4. Виза h-1b: неиммиграционная виза специалиста [Электронный ресурс]. – URL : <https://advokat-usa.ru/visa/viza-h-1b/> – Дата обращения: 25.10.2024.

5. Express Entry [Электронный ресурс]. – URL : <http://surl.li/dcmxke> – Дата обращения : 25.10.2024.

6. Skilled Migration Program. – URL : <http://surl.li/ypzynz> – Дата доступа: 25.10.2024.

**ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТИПОВЫХ СЕРИЙ РАБОЧИХ  
ЧЕРТЕЖЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ  
СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПРЕДПРИЯТИЯМИ РЕСПУБЛИКИ  
БЕЛАРУСЬ**

*Акулова<sup>1</sup> О. А., Кривицкий<sup>2</sup> П. В., Матвеевко<sup>3</sup> Н. В.*

*<sup>1</sup> Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии бетона  
и строительных материалов УО «Брестский государственный технический  
университет», Брест, Беларусь, akulovaolya@yandex.by*

*<sup>2</sup> Канд. техн. наук, доцент, заведующий отраслевой лабораторией  
«Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве»  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, krivitskiyp@mail.ru, nis-is@bstu.by*

*<sup>3</sup> Магистр технических наук, старший научный сотрудник отраслевой лаборатории  
«Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве»  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, nikifarych@yandex.ru*

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 № 156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы» первым приоритетным направлением научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы является «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства», среди которых отмечаются «цифровые пространственные модели».

В строительной отрасли примером применения информационных технологий, в первую очередь, является информационное моделирование зданий и сооружений, которое представляет собой комплексный подход к возведению, эксплуатации и ремонту здания, который предполагает сбор и обработку всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании. Трехмерная модель здания связана с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели можно присвоить дополнительные атрибуты. Таким образом, строительный объект проектируется как единое целое. И изменение какого-либо параметра влечет за собой автоматическое изменение остальных, связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного графика.

Применительно к проектированию сборных железобетонных конструкций технологии информационного моделирования обеспечивают следующие преимущества:

– создание точной геометрии изделия, позволяющей эффективно и быстро подсчитать объемы требуемых материалов и работ;

- возможность наполнения трехмерной модели актуальной атрибутивной информацией об изделии;
- создание проектной документации непосредственно из информационной модели;
- автоматическое изменение чертежей, ведомостей и спецификаций соответственно изменениям, вносимым в информационную модель;
- возможность визуализации сложных узлов и конструктивных особенностей изделия, повышающих точность и сроки их изготовления;
- исключение коллизий и обеспечение технологичности производства;
- планирование и координация опалубочных и монтажных работ.

Разработанная цифровая информационная модель сборного железобетонного изделия в дальнейшем может успешно применяться для создания информационных моделей типовых жилых и общественных зданий.

При этом важным является создание каталога цифровых информационных моделей сборных железобетонных конструкций и изделий для заводов-изготовителей Республики Беларусь, что обеспечит их конкурентоспособность на современном строительном рынке.

На базе учреждения образования «Брестский государственный технический университет» с 2021 года функционирует отраслевая лаборатория «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве» (ОЛ НИЦИС). Основными направлениями деятельности лаборатории являются разработка и внедрение технологий информационного моделирования с применением лазерного 3-D-сканирования зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения, объектов историко-культурного наследия, транспортной инфраструктуры, технологических процессов, оборудования и т. д.

В настоящий момент ОЛ НИЦИС в рамках актуализации рабочих чертежей серий 1.020-1/87 и 1.020-1/83 выполнен статический расчет связевого каркаса с учетом требований СН 2.01.01-2022 «Основы проектирования строительных конструкций» на постоянные и переменные (функциональные, снеговые и ветровые) воздействия согласно действующим строительным нормам и правилами: СН 2.01.02-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Объемный вес, собственный вес, функциональные нагрузки для зданий», СН 2.04.01-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки», СН 2.01.05-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые воздействия». Благодаря текущему уровню развития систем автоматизированного проектирования определение усилий в элементах каркасах выполнялось методом конечных элементов (в отличие от ранее используемой дискретно-континуальной модели) в различных программных комплексах: LIRA SAPR, Dlubal RFEM, SAP 2000.

С учетом изменившихся требований по обеспечению долговечности строительных конструкций и новых подходов к определению их несущей способности и эксплуатационной пригодности, отраженных в СП 5.03.01-2020 «Бетонные и железобетонные конструкции», были выполнены расчет и конструирование несущих элементов каркаса: фундаментов, колонн, ригелей, диафрагм жесткости,



плит перекрытия. За счет использования в конструкциях более эффективных материалов (бетона и арматуры более высоких классов), применения инновационных подходов к оценке надежности конструктивных систем, а также благодаря внедрению на предприятиях-изготовителях сертифицированной системы контроля качества производимой продукции удалось добиться снижения расхода стали в отдельных элементах до 10 % при сохранении требуемого уровня надежности согласно действующим техническим нормативно-правовым актам.

Следующим этапом актуализации серий стало создание информационных моделей сборных железобетонных конструкций (фундаментов, колонн, ригелей, диафрагм жесткости). С использованием различных платформ и программных комплексов были созданы цифровые двойники строительных элементов с заданными характеристиками и параметрами. В последующем с помощью визуального программирования был создан каталог (база данных) информационных моделей элементов зданий и сооружений, который продолжает пополняться в настоящее время.

Следует отметить, что такой инновационный подход требует наличия высококвалифицированных кадров, на высоком уровне владеющих как значительным списком современных программных комплексов, так и теорией расчета строительных конструкций.

В связи с этим наши сотрудники постоянно повышают квалификацию, публикуют и внедряют результаты научных исследований.

Кроме того, ОЛ НИЦИС осуществляет углубленную профессиональную подготовку лучших студентов, магистрантов и аспирантов строительного факультета БрГТУ с целью формирования кадрового резерва лаборатории.

Все это обеспечивает успешное функционирование ОЛ НИЦИС и ее вклад инновационное развитие строительной отрасли Республики Беларусь.

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ НА КАФЕДРЕ ФИЗИКИ БрГТУ

*Барковская<sup>1</sup> М. М., Гладковский<sup>2</sup> В. И., Кушнер<sup>3</sup> Т. Л.  
Пинчук<sup>4</sup> А. И., Савчук<sup>5</sup> О. Ф., Савчук<sup>6</sup> К. А.*

<sup>1</sup> К. ф.-м. н., доцент кафедры физики, зам. декана по идеологической и воспитательной работе машиностроительного факультета  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

<sup>2</sup> К. ф.-м. н., доцент, доцент кафедры физики  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

<sup>3</sup> К. ф.-м. н., доцент, зав. кафедры физики  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

<sup>4</sup> К. ф.-м. н., доцент, доцент кафедры физики  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

<sup>5</sup> Старший преподаватель кафедры физики  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

<sup>6</sup> Студент машиностроительного факультета  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

Одной из важнейших задач технического университета является системное формирование у студентов инженерного мышления. Инженерное мышление определяется как способность к обеспечению преобразовательной деятельности с техническими объектами, осуществляемой на когнитивном и инструментальном уровнях с учетом следующих направлений развития: научно-теоретического, политехнического, преобразовательного, конструктивного, творческого и социально-позитивного. Указанное определение в первую очередь подчеркивает важность системного подхода при решении сложных проблем, указывая на то, что решение подобных задач требует понимания взаимосвязей между компонентами объекта. Такой подход должен привести к развитию инновационных и поэтому более эффективных решений для различных областей промышленности, науки и технологий.

Мы полагаем, что инженерное мышление необходимо начинать формировать уже на младших курсах технических вузов. Поэтому на кафедре физики БрГТУ создана образовательная среда в форме комплексных задач по физике. Решение задач такого рода предполагает умение обучаться в процессе совершения преобразовательной деятельности с объектами комплексной задачи за счет осознания связей и отношений между ними. Понимание взаимосвязей между различными компонентами и объектами комплексной задачи по физике подразумевает применение системного подхода при решении сложных проблем в практической деятельности. Умение самообучаться в процессе совершения преобразовательной деятельности с объектами задачи за счет осознания связей и отношений между ними, анализ полученных результатов, установление реальности ответа и его соответствие условию задачи представляет собой когнитивное направление развития инженерного мышления.

Для формирования инновационной составляющей инженерного мышления студент должен уметь генерировать новые идеи и решать задачи технического плана, ознакомиться с методологией творчества, чтобы затем использовать полученную базу общенаучных и специально-профессиональных знаний в ходе дальнейшей практической деятельности по своей специальности.

В общем случае задача представляется как ситуация, требующая поиска выхода из нее. Описание задачи состоит из условия и требования. В условии приводится общая характеристика ситуации. Требование полностью определяет способы выхода из ситуации. Переход от условия к выполнению требования называется решением. Задачи подразделяются на реальные и учебные.

Целью обучения является подготовка обучающихся к решению реальных задач посредством решения учебных задач. Из определения учебной задачи следует, что она решается путем перехода от условия к требованию путем применения известных теоретических положений, логических умозаключений и математических операций с последующей проверкой соответствия полученного решения.

В процессе обучения физике с применением комплексных задач будущий инженер целенаправленно развивает навыки исследователя, повышает творческую активность, учится самостоятельно находить знания из различных источников, систематизирует полученную информацию, дает оценку конкретной ситуации, а также развивает внимание, память и сообразительность, что способствует формированию инженерного мышления.

Необходимо отметить, что процесс решения задач по физике обладает следующими функциональными свойствами:

- является средством получения новых знаний по физике;
- мотивирует изучение теории, потому что без знания теории невозможно решение любых видов задач за исключением чисто логических;
- служит средством развития самостоятельности мышления;
- способствует приобретению навыков самостоятельной работы, т. е. стимулирует внеаудиторную самостоятельную работу студентов;
- воспитывает волю к достижению поставленной цели, так как преодоление трудностей является частью пути по решению задачи;
- развивает логические и математические способности, интеллект и инициативу, настойчивость и трудолюбие, потому что способности к решению учебных задач могут развиваться только в процессе их решения;
- закладывает основы преобразовательного отношения к действительности;
- подготавливает обучающихся к решению реальных задач, в том числе инженерных.

Таким образом, при изучении физики в техническом университете с помощью комплексных задач студенты целенаправленно учатся самостоятельно находить знания из различных источников, систематизируют полученную информацию, повышают творческую активность, формируют инженерный склад ума, дают оценку конкретной ситуации, развивают наблюдательность, внимание и память.

Так как процесс решения задач по физике является составной частью процесса обучения, следовательно, он выполняет те же функции, что и процесс обучения, т. е. образовательную, воспитательную и развивающую. Все указанное выше способствует развитию инженерного мышления у учащихся, что крайне необходимо для их практической деятельности инженера в будущем [1].

### **Список использованных источников**

1. Гладковский, В. И. Системные резервы повышения качества подготовки специалистов / В. И. Гладковский // Высшая школа. – 2000. – № 3. – С. 50–55.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

*Деркач Е. А.*

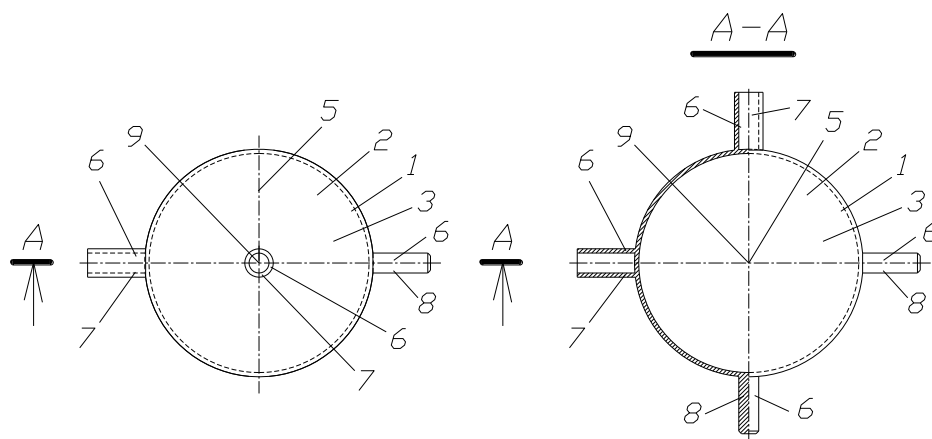
*м.т.н., начальник испытательного центра  
УО «Брестский государственный технический университет»  
isp@bstu.by*

### **Введение**

Решая проблему снижения массы монолитного перекрытия и одновременного обеспечения при его устройстве ровной потолочной поверхности, использования наиболее эффективной работы монолитного плоского перекрытия, а именно, в двух направлениях нами предложена система перекрытия с использованием в качестве пустототобразователей полых шаров сферической или эллипсоидной форм. Перекрытие этой системы состоит из арматурных сеток, между которыми размещены полые шары, изготовленные из переработанного вторичного сырья – полиэтилена и монолитного бетона, заполняющего все пространство между шарами и образующего над ними выравнивающий слой.

### **Основная часть**

Будучи модульной, система может быть собрана на месте или произведена и приобретена как полуфабрикат заводского изготовления. Достоинством предложенного решения является и значительная технологичность применения готовых модулей, изготавливаемых в заводских условиях. На строительную площадку пространственные арматурные каркасы с встроенными в них пластмассовыми шарами привозят в готовом виде. Схема пустототобразователя приведена на рисунке 1.



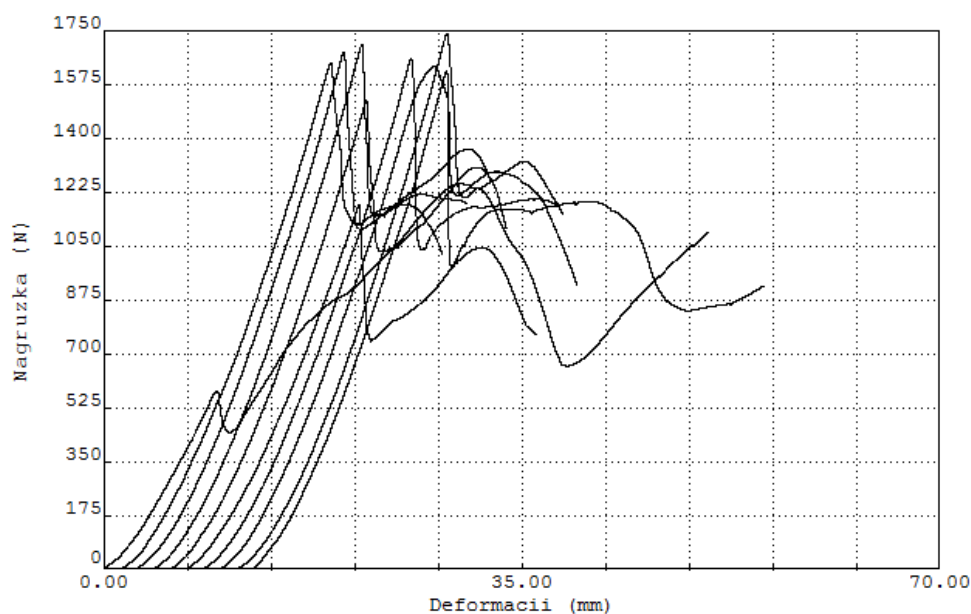
1 – пустообразователь; 2 – тело вращения; 3 – шар; 4 – эллипсоид; 5 – ось вращения;  
6 – фиксаторы; 7 – втулки; 8 – штыри; 9 – центр тела вращения

*Рисунок 1 – Схема пустообразователей в виде полого шара с фиксаторами*

Применительно к наиболее часто используемым плоским монолитным дискам перекрытий гражданских зданий, проектируемым в Республике Беларусь, были разработаны и изготовлены три основных типоразмера пустообразователей диаметрами 120, 140 и 160 мм, с толщиной стенок 2.0 ... 3.0 мм.

Статические испытания пустообразователей в виде полых шаров, выполненных из пластмассы, при одноосном нагружении производились на универсальной испытательной машине «QUASAR-25», позволяющей производить испытание образца с контролем деформаций и электронной обработкой данных. Диаметр диска (площади соприкосновения с поверхностью пустообразователя) составил 10 см.

Испытания выполнялись на монтажную нагрузку, принятую как средний вес рабочего с инструментом. Пустообразователи нагружались с постоянной скоростью приложения нагрузки. Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Общие диаграммы деформирования пустообразователей*

В процессе нагружения пустотообразователей осевыми сжимающими усилиями вначале наблюдалась явно выраженная упругая работа сферы пустотообразователя при нагрузках до 1.50 кН. При дальнейшем росте нагрузок наблюдалась неупругая работа сферы, о чем свидетельствует изменение угла наклона линий по диаграммам деформирования, а также визуальное проявление изменений в ее форме. В случае нагружения осевыми сжимающими усилиями при достижении предельного состояния, происходило вмятие вершинной поверхности сферы вглубь ее тела. При этом с последующим ростом нагрузки в работу включалась большая площадь сферы по контакту с плитами пресса испытательной машины, что приводило к продолжению сопротивления сферы действующим нагрузкам. За критерий наступления предельного состояния сферы при осевом сжатии были приняты усилия, при которых происходило резкое увеличение деформативности материала сферы узлового элемента. Следует предположить, что предельное состояние полый сферы носит локальный характер и происходит в результате развития пластических деформаций материала на кольцевом участке приложения нагрузки.

Результаты полученных экспериментальных данных диаграмм деформирования сфер позволили установить действительные ее деформативные характеристики, уровень упругих деформаций и соответствующий ему уровень нагрузки. Для испытанных сфер диаметром 140 мм и толщиной стенки 2.5÷3.0 мм установлено, что максимальная величина упругих деформаций при сжатии составила не более 17,41 мм, при уровне нагрузки 164.51 кг. После снятия нагрузки в пустотообразователях остаются деформации в виде вмятин, при этом целостность его сферы не нарушается.

### **Заключение**

Анализ полученных экспериментальных данных позволил установить, что для всех серий испытанных пустотообразователей уровни нагрузки, при которых возникают значительные деформации в сфере составляют более 1.5 кН (150 кг), что приблизительно соответствует массе одного рабочего, оказывающего воздействие на сферу при монолитных работ по устройству перекрытия. Учитывая данное обстоятельство, необходимо установить, что толщина стенки сфер достаточная для их использования в монолитных перекрытиях, должна составлять не менее 2.5 мм.

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КАРКАСНО-КАМЕННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

*Деркач<sup>1</sup> В. Н., Кривицкий<sup>2</sup> П. В.*

*<sup>1</sup> Д. т. н., профессор, профессор кафедры строительных конструкций  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, v-derkatch@yandex.by*

*<sup>2</sup> К. т. н., доцент, заведующий отраслевой лаборатории  
«Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве»  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, krivitskiyp@mail.ru*

Первый практический опыт применения каркасно-каменных зданий или каркасных зданий с опережающим возведением каменного заполнения (англ. «confined masonry buildings») относится еще к 1908 году. Данное конструктивное решение применялось при восстановлении зданий, разрушенных в результате сильнейшего землетрясения в Месине (Италия). Каркасно-каменные здания представляют собой конструктивную систему, состоящую из несущих наружных и внутренних стен из каменного заполнения (кладка стен в пределах этажа опережает возведение каркаса) и обрамляющих их вертикальных (колонн, англ. «tie-columns»), горизонтальных (плит и балок, англ. «tie-beams») элементов железобетонного каркаса. Такой вариант возведения зданий позволяет получить жесткое соединение элементов заполнения с несущими конструкциями каркасами, тем самым повышает сопротивление каменного заполнения изгибу и сдвигающим усилиям, возникающим в плоскости стен и перпендикулярно их поверхности. Кроме этого, включение в работу стен снижает внутренние усилия в колоннах каркаса, уменьшая материалоемкость конструкций, повышается пространственная жесткость здания в целом и сопротивление его динамическим воздействиям.

В мировой практике строительства такой тип зданий получил широкое распространение на территориях с высокой сейсмоактивностью. Строительство зданий опережающей кладкой каменного стенового заполнения применяется в ряде Европейских стран (Хорватия, Румыния, Польша, Италия, Северная Македония, Словения и Сербия), а также в Латинской Америке (Колумбия, Чили, Перу, Мексика, Аргентина и Венесуэла), на Ближнем и Дальнем Востоке (Алжир, Иран, Марокко и Китай), в Южной Азии (Индия и Индонезия). Первые экспериментально-теоретические исследования каркасно-каменных зданий и последующее их практическое внедрение в вышеуказанных странах проходило по результатам анализа последствий разрушительных землетрясений (технического состояния зданий), состоявшихся в период с 1930 по 1974 годы. Так, например, во время нескольких сильных землетрясений, таких как землетрясение 2007 года в Писко (Чили), 2010 года в Мауле (Чили) и в Гаити были зафиксированы единичные факты обрушения каркасно-каменных зданий, а количество человеческих жертв и общий объем разрушений были незначительными, учитывая интенсивность землетрясений.

В СССР фундаментальными экспериментально-теоретическими исследованиями напряженно-деформированного состояния каменного заполнения в каркасно-каменных зданиях, а также исследованиями, посвященными изучению влияния заполнения в общей работе стенового ограждения в гражданских каркасных зданиях при статических и динамических воздействиях, занимались профессора Л. И. Онищик, С. В. Поляков, Ю. В. Измайлов, Я. М. Айзенберг, Э. Е. Хачиян и др. В постсоветский период отдельные работы по данному направлению выполнялись Э. Н. Кодышем, Н. Н. Трекиным, Х. М. Авада и были направлены на уточнения совместной работы каменного заполнения и конструкций железобетонного каркаса с применением технологий конечно-элементного численного моделирования. В Республике Беларусь следует отметить научно-практический вклад профессора В. Н. Деркача в исследования данной проблемы.

В большинстве действующих применимых для проектирования каркасно-каменных стен нормативно-технических стандартах INPRES-CIRSOC 103, Part III (Аргентина), NCh 2123.Of97 (Чили), NTC-M (Мексика), NT E.070 (Перу), GB 50003-2011 (Китай), EN 1998-1:2004 и EN 1996-1-1:2005, CSA S304.1-04 (Канада), FEMA 306 и FEMA 274 (США) отсутствуют конкретные указания по расчету их сопротивления внешним силовым воздействиям. В перечисленных нормах и стандартах представлены общие указания по проектированию: требования по расположению раскрепляющих элементов (вертикальных и горизонтальных несущих конструкций железобетонного каркаса), их геометрическим размерам и армированию, требования по размещению конструктивного армирования и соединительных элементов на участках совместной работы (зоне контакта) каменной кладки и колонн каркаса, в зонах усиления проемов.

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 №156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы», одним из приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы является «Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование», где отмечаются «энергетическая эффективность, энергосбережение» и «новые строительные материалы и конструкции». Современный строительный рынок гражданского домостроения требует применение строительных материалов с высокими энергоэффективными показателями при минимальной себестоимости для получения технико-экономически целесообразных конструктивных систем.

Анализ экспериментально-теоретических исследований зарубежных и отечественных авторов показывает, что определяющим фактором в сопротивлении каркасно-каменных зданий силовым воздействиям является вид применяемого материала стенового заполнения, а именно его физико-механические характеристики. Еще С. В. Поляков в своих работах отмечал необходимость выполнения экспериментально-теоретических исследований с применением эффективных материалов стенового заполнения.



Согласно СТБ 1117-98 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия» и СТБ EN 771-3-2014 «Требования к изделиям для каменной кладки. Часть 3. Изделия из бетонов на плотных и пористых заполнителях», при использовании эффективных каменных материалов допускается возводить здания с несущими стенами высотой до 5 этажей (общей высотой до 15 м). Применение конструкционного керамзитобетона при возведении вертикальных и горизонтальных несущих элементов каркаса здания с включением его в совместную работу со стеновым заполнением позволяет получать здания высотой до 7–8 этажей. При этом решается ряд других вопросов:

- уменьшается собственный вес несущих конструкций, что обеспечивает снижение нагрузок на нижерасположенные конструкции и на фундаменты, снижая тем самым материалоемкость конструкций и здания в целом;

- повышается устойчивость к динамическим нагрузкам благодаря меньшему модулю упругости бетона, по сравнению с тяжелыми бетонами (бетонами нормального веса), повышенной гибкости и более быстрому затуханию колебаний в конструкциях;

- уменьшается теплопроводность и повышается морозостойкость бетона (склонность к образованию конденсата на поверхности стен и конструкций);

- повышается коррозионная стойкость арматуры в бетоне за счет медленного распространения процесса карбонизации;

- повышенная огнестойкость конструкций за счет более надежной защиты арматуры от температурных деформаций при пониженной теплопроводности бетона.

Исследований по совместной работе каркаса здания и каменного заполнения из материалов со схожими с керамзитобетоном физико-механическими характеристиками в мировой практике гражданского строительства не проводились, что дает возможность с большой вероятностью утверждать, что данное направление является актуальным и требует дальнейшего исследования.

# РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАМКАХ СРЕДЫ MATLAB

Дордюк Ю. С.

К.т.н., доцент, заведующий кафедрой экономики и организации строительства  
УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь  
jul4onka@mail.ru

Для реализации процесса нечеткого моделирования с помощью пакета *Fuzzy Logic Toolbox* в рамках среды *MATLAB* в общем случае выполнены следующие действия [1]:

**Этап 1. Фаззификация** – введение нечеткости. Данный этап предполагает задание функций принадлежности для терм-множеств входных и выходных лингвистических переменных.

**Этап 2. Задание нечетких правил.** База правил нечеткой продукционной модели задается в виде структуры в соответствии с этапом с соответствующим количеством входов и одним выходом (рисунок 1).

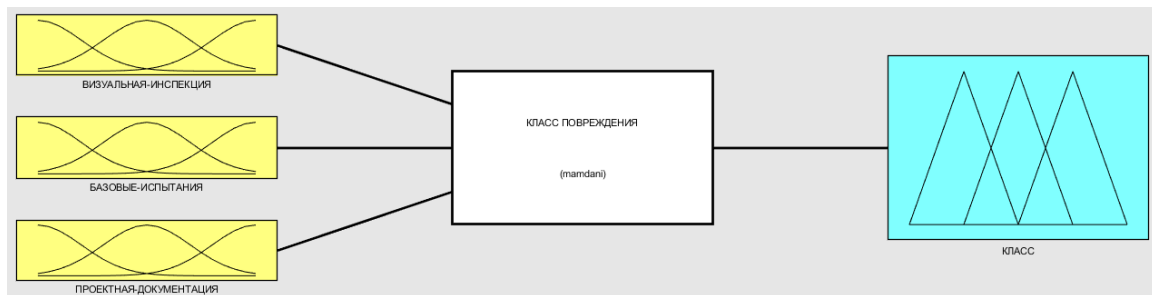


Рисунок 1 – Структура нечеткой модели

**Этап 3. Агрегирование** – определение степени истинности предпосылок по каждому из правил нечеткой продукционной модели. Для агрегирования степени истинности предпосылок используется *min*-конъюнкция:

$$\alpha_i = \min \{ \mu_{A_{i1}}(x_1), \mu_{A_{i2}}(x_2), \mu_{A_{i3}}(x_3), \mu_{A_{i4}}(x_4) \}, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

**Этап 4. Активизация** – процесс нахождения степени истинности заключений по каждому из правил продукционной модели. Для активизации используется операция *min*-активизация:

$$\mu_{B'_i}(y) = \min \{ \alpha_i, \mu_{B_i}(y) \}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

**Этап 5. Аккумуляция** полученных на предыдущем этапе заключений по всем правилам. Объединение найденных усеченных нечетких множеств проводится с использованием операции *max*-дизъюнкция. В итоге формируется нечеткое множество для выходной переменной с функцией принадлежности:

$$\mu_{B'}(y) = \max \{ \mu_{B'_1}(y), \mu_{B'_2}(y), \dots, \mu_{B'_n}(y) \} \quad (3)$$

**Этап 6. Дефаззификация** – преобразование нечеткого множества в четкое число. Для этого используется метод центра тяжести [2]:

$$y' = \frac{\int_{Y_{\min}}^{Y_{\max}} y \mu_{B'}(y) dy}{\int_{Y_{\min}}^{Y_{\max}} \mu_{B'}(y) dy}, \quad (4)$$

где  $Y_{\min}$ ,  $Y_{\max}$  – границы интервала носителя нечеткого множества выходной переменной  $y$ ;

$B'$  – нечеткое множество, определенное на  $Y$ ;

$\mu_{B'}(y) \in [0,1]$  – функция принадлежности нечеткого множества  $B'$ .

Оценивание технического состояния здания заключается в выполнении оценки отдельно каждого конструктивного элемента и постепенным переходом на следующую иерархию: элемент, этаж, здание в целом. Полученные данные классов повреждения каждой строительной конструкции являются входными переменными для оценивания технического состояния этажа. После того как определены классы повреждения каждого конструктивного элемента, определяется класс повреждения этажа (рисунок 2).

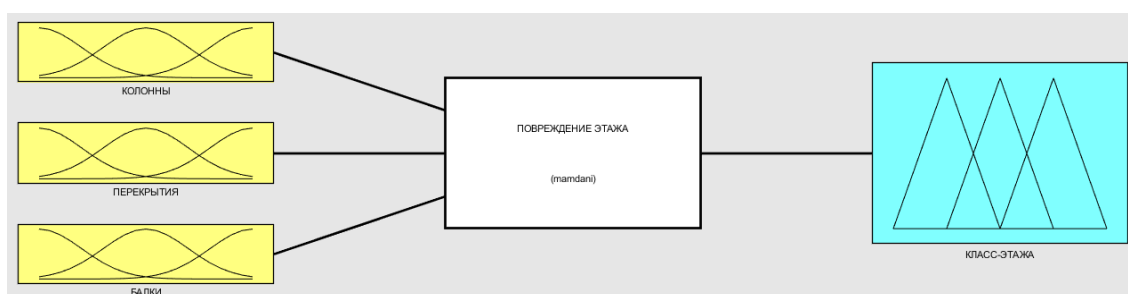


Рисунок 2 – Структура нечеткой модели для оценивания технического состояния этажа

Далее полученные классы повреждения по каждому этажу являются входными переменными для оценивания всего здания (рисунок 3).

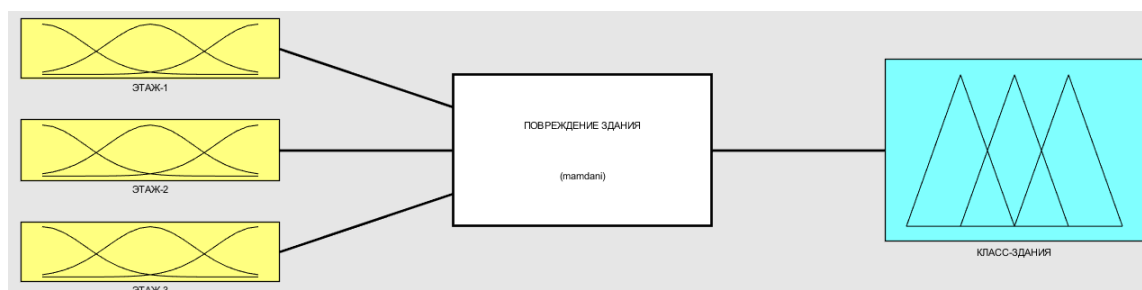


Рисунок 3 – Структура нечеткой модели для оценивания технического состояния здания

Таким образом, описаны этапы реализации процесса нечеткого моделирования с построением в программной среде *MATLAB* функций принадлежности для

терм-множеств входных и выходных лингвистических переменных. Предложен алгоритм оценивания технического состояния здания, который заключается в постепенном переходе от оценки технического состояния конструктивного элемента, затем этажа и, в конечном итоге, здания в целом.

Работа выполнена в рамках гранта БРФФИ Т23М-016 «Разработать и экспериментально апробировать методику предварительной оценки технического состояния существующих железобетонных конструкций, основанную на применении положений нечеткой логики».

#### **Список использованных источников**

1. Глушенко, С. А. Разработка методов и моделей поддержки принятия решений по управлению рисками проектов на базе нечеткой логики : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 / С. А. Глушенко. – Ростов н/Д, 2016. – 158 л.

2. Борисов, В. В. Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, А. С. Круглов, А. С. Федулов. – Изд. 2-е, стереотип. – М. : Горячая линия-Телеком, 2012. – 284 с.

### **ПРИМЕНЕНИЕ 3D-СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОСЕТИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ ПЛИТАХ НА ОСНОВАНИИ**

***Zheltkovich<sup>1</sup> A., Molosh<sup>2</sup> V., Marmysh<sup>3</sup> D., Parchotz<sup>4</sup> K.  
Ren Yuhang<sup>5</sup>, Huang Zien<sup>6</sup>***

*<sup>1</sup>Associate professor. Ph.D, Brest State Technical University  
Department of Theoretical and Applied Mechanics  
Brest, Republic of Belarus 224017, gelpek@mail.ru*

*<sup>2</sup>Associate professor. Ph.D, Brest State Technical University  
Department of Theoretical and Applied Mechanics  
Brest, Republic of Belarus 224017, m.vic@rambler.ru*

*<sup>3</sup>Associate professor, Ph.D, Belarusian State University Head of BSU-DTU Joint Institute  
Department of Theoretical and Applied Mechanics, Minsk. Republic of Belarus 670000  
marmyshdenis@mail.ru*

*<sup>4</sup>Master, artificial intelligence, konstantinparhoc@gmail.com*

*<sup>5</sup>Master student, Nanchang Hangkong University, School of Civil Engineering  
and Architecture, Nanchang Jiangxi China 330063  
Belarusian National Technical University, Faculty of Civil Engineering  
Minsk Belarus 220002, reny23312@gmail.com*

*<sup>6</sup>449766175@qq.com*

Целью настоящего исследования является демонстрация возможностей искусственных сверточных нейросетей (CNN) в задачах, связанных с механикой, в частности при проектировании монолитных плит на основании. В работе впервые предложен подход, базирующийся на использовании воксельного описания исследуемого объекта. В ряде случаев еще на этапе проектирования предусматривается наличие технологических отверстий различной формы, поверхность плиты может иметь сложную геометрическую форму. Определение напряженно-деформированного состояния (НДС) в замкнутом виде в таких случаях весьма трудоемко либо вовсе недостижимо. В данной работе представлен альтернативный подход, основанный на применении 3D-CNN с архитектурой U-Net, который позволяет получить достаточно точные прогнозы усадочных напряжений и перемещений в плитах более простым способом по сравнению с методами конечных элементов. В работе отмечен перспективный потенциал нейросетей U-Net архитектуры.

### **Основные предпосылки**

Как сообщают многие исследовательские работы, моделирование поведения инженерных конструкций с помощью нейронных сетей намного проще, чем с помощью традиционных математических моделей.

Нейронные сети могут быть использованы в качестве альтернативы математическим моделям или экспериментальным испытаниям на начальной стадии проектирования для получения быстрого предсказания поведения железобетонных плит под нагрузкой.

Нейронные сети способны моделировать поведение систем при ограниченных затратах на проектирование и предоставлять быстрые и достаточно точные решения в сложных и неопределенных ситуациях. Применение метода конечных элементов является достаточно трудоемким, так как требует высокого уровня квалификации инженеров-проектировщиков и значительных временных и трудовых затрат.

### **Постановка задачи и подготовка образцов для обучения**

В процессе работы была создана пятимерная матрица в которой были внесены 21 параметр, определяющий поведение плиты при усадке. Матрица состояла из следующих измерений: 1 – номер образца, 2 – адрес (координата) «X», 3 – адрес (координата) «Y», 4 – адрес (координата) «Z», 5 – вектор из 17 параметров (физико-механические характеристики плиты, контактного слоя, армирования, окружающей среды, напряжения и перемещения в плите). Пятым измерением признаков являлись установленные связи между НДС каждого вокселя плиты и физико-механическими характеристиками бетона.

Из-за особенностей работы архитектуры «voxel-to-voxel» данные, представляющие собой воксели (формат данных представлен через объемные элементы – кубики), перед подачей на обучение в CNN были увеличены до количества 64x64x4 (итого оценивалось 16384 voxels). Для тренировки CNN было создано 45 плит и 11 плит для тестирования и анализа.

## Применение сверточной нейрети с U-Net архитектурой

Одной из причин высокой производительности CNN является использование одинаковых нейронов в каждом перцептивном ядре, что позволяет уменьшить количество настраиваемых связей сети по сравнению с персептронами. При обучении было назначено 1000 эпох. Для оптимальной регуляризации случайным образом отбиралось 70 % исходных данных из обучающего набора, а 30 % оставлялось для проверки качества модели.

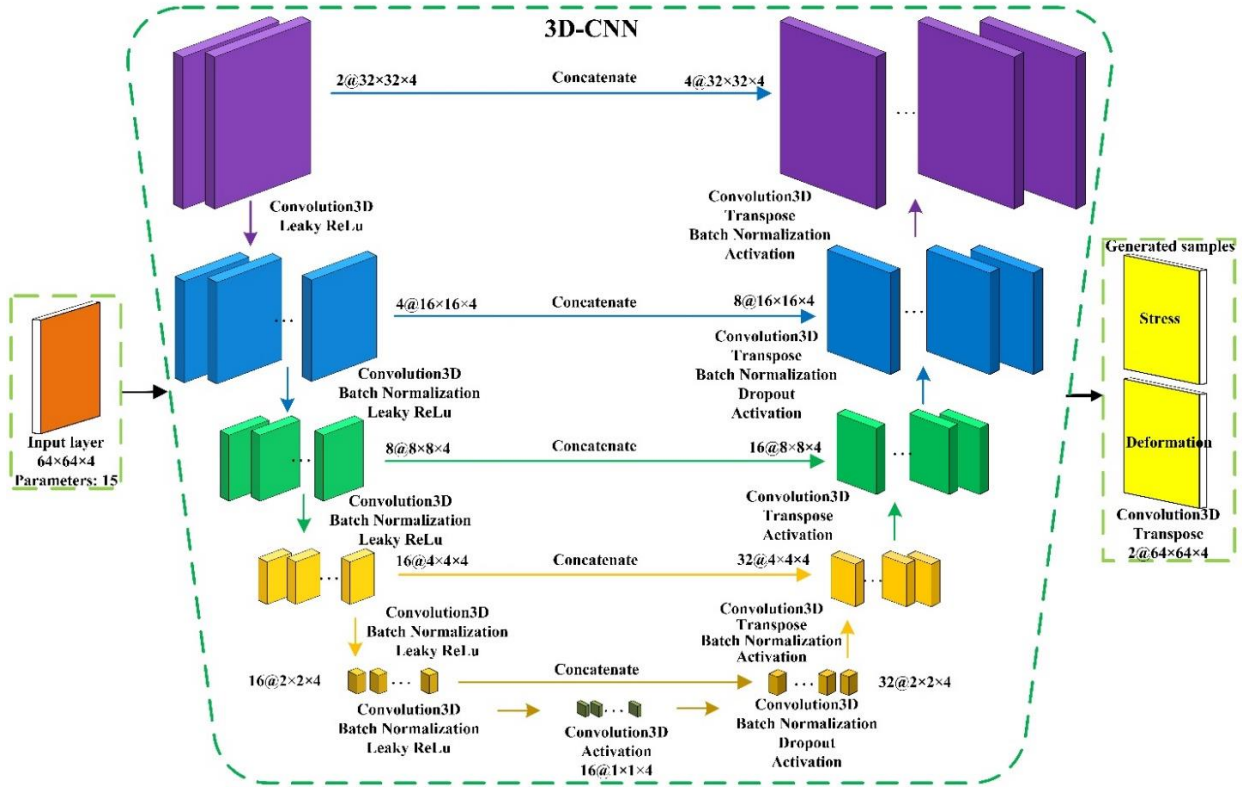


Рис. 2 – 3D-CNN Нейронная сеть с архитектурой U-Net

## Усадочные напряжение и перемещения в железобетонных плитах на основании

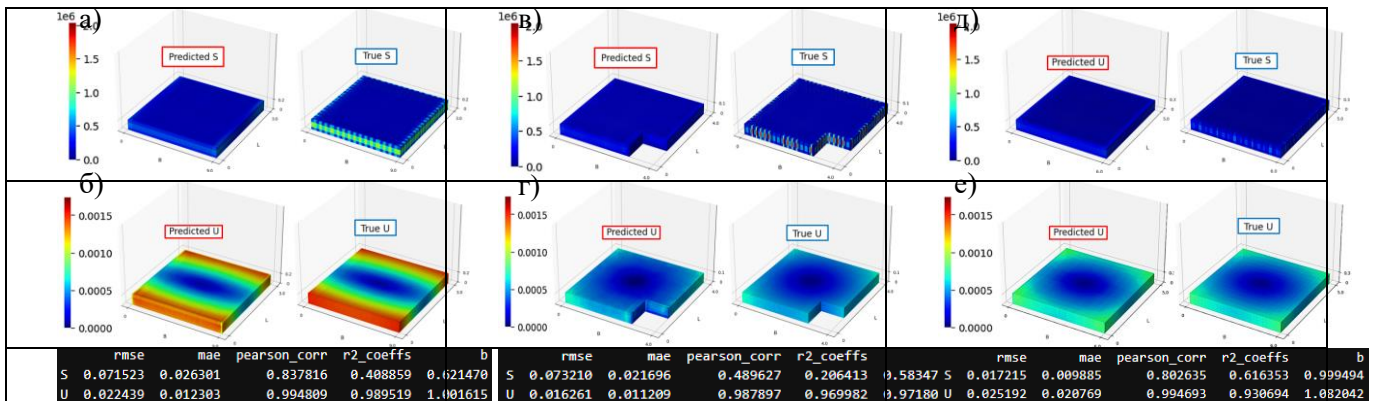


Рисунок 3 – Усадочные: (а, в, д) – напряжения, (б, г, е) – перемещения

## Выводы

В среднем предсказанные значения напряжений превышают тренировочные на 24 %, а перемещения меньше тренировочных на 0,3 % о чем свидетельствует величина поправочного коэффициента  $b$  в таблицах рисунка 3.

Величина средней абсолютной ошибки по напряжениям  $MAE = 0,0193$ , а для перемещений –  $MAE = 0,0147$ . Это составляет соответственно 1,93 % и 1,47 % от максимальных значений. Стандартное отклонение (оцениваемое по  $RMSE$ ), равное для напряжений и перемещений соответственно – 3 % и 2,1 %.

Принято считать достаточно хорошими расчетные модели с коэффициентом детерминации выше 0,8 и коэффициентом корреляции выше 0,9. В нашем исследовании, при сравнении тестовых и предсказанных значений напряжений и перемещений соответственно, коэффициент корреляции (коэффициент Пирсона) – 0,701; 0,99. Коэффициент детерминации соответственно ( $R^2 = 0,55$ ; 0,963) для напряжений и перемещений соответствуют приведенным выше критериям только для перемещений.

Основная причина погрешности моделей заключается в небольшом объеме выборки обучающих данных, что требует пополнения указанной выборки, переобучения нейронной сети и последующей оценке ее достоверности.

## НА ПУТИ К КОНЦЕПЦИИ «УНИВЕРСИТЕТ 5.0» ИЛИ ЗАВТРА БУДЕТ СЕГОДНЯ

*Капский Д. В.*

*д-р техн. наук, профессор, профессор  
УО «Белорусский национальный технический университет»  
(Минск, Беларусь), d.kapsky@bntu.by*

На рисунке 1 представлены основные этапы трансформации университетов от модели, предполагающей только проведение образовательной деятельности («Университет 1.0») до реализации в полной мере футуристической функции образования посредством предоставления университетами реальному сектору экономики направлений его развития («Университет 5.0»).



*Рисунок 1 – Изменение модели построения университетов*

В современном мире, с учетом бурного развития цифровизации, возникает новая роль университетов – генерация новых высокотехнологичных отраслей и сфер приложения наукоемкого труда (рисунке 2). Университеты уже не просто переводят знания в интеллектуальный капитал, создавая передовые технологии, но и помогают реальному сектору экономики «увидеть будущее за горами обыденности» и предлагают ему к реализации перспективные разработки, находящиеся «за гранью настоящего». Именно в УВО концепции «Университет 5.0» за счет привлечения перспективной. Талантливой молодежи и ее соответствующего обучения повышается уровень «передела» знаний и грани талантов стираются, позволяя в лабораториях университетов создавать новое. Этому



способствует развитие «умных» (Smart), в том числе бионических (биогенетических) технологий и робототехники, применение искусственного интеллекта (особенно в сфере образования), автоматизации производства за счет применения технологий смешанной (дополненной) реальности, использования автономных (беспилотных/безлюдных) технологий, интернета вещей и услуг, обработки больших данных и применения «облачных технологий» [1]. Вместе с тем, при наличии огромного потока информации, необходимо не свести все к «зазубриванию» без всяких попыток понять суть и различные закономерности. Следует уделять повышенное внимание взаимодействию преподавателя со студентами посредством дистанционных технологий дабы не породить «симуляцию обучения», исключить ложную виртуализацию и обеспечить реальное включение студента в реальный физический эксперимент. Составление планов, программ, их бесконечную корректировку по «новым формам» и составление отчетности следует минимизировать,. Только дав возможность гармоничного развития преподавателям, мы сможем открыть для них путь к самосовершенству и реализации футуристической функции образования в каждом «умном» университете, какой бы он ни выбрал для приложения труда.



Рисунок 2 – Этапы трансформации в «Университет 5.0»

Известное изречение «нужно бежать со всех ног, чтобы только оставаться на месте, а чтобы куда-то попасть, надо бежать как минимум вдвое быстрее!» [1] показывает, что университетам необходимо прилагать больше усилий по наращиванию интеллектуального потенциала, который бы не отставал, а значительно

опережал возникающие перед человечеством в целом, и перед нашей страной, в частности, вызовы. Один из таких – «тренд жизненного аутсорсинга» или перераспределение отдельных работ и функций в пользу «умного» устройства (передача их от человека машине). Компания Илона Маска в этом году для использования человеком ИТ-гаджетов при помощи мыслей впервые вживила нейрочип в его мозг, создав киборга. Это радикально влияет на модель университета, будущие профессии и сферу образования в целом.

### **Список использованных источников**

1. Кэрролл, Л. Алиса в стране чудес / Л. Кэрролл. – М. : Росман-Пресс, 2009. – 114 с.
2. Капский, Д. В. Подготовка транспортных специалистов для «умных» городов / Д. В. Капский // Социальные практики и развитие городской среды: урбанистика и инноватика : Материалы МНПК, Минск, 25–26 ноября 2021 года / Редколлегия: И.В. Пинчук (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Белорусский государственный университет, 2021. – С. 141–147.

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ ТРАМБОВКАМИ**

*Клебанюк<sup>1</sup> Д. Н., Шведовский<sup>2</sup> П. В.*

*<sup>1</sup> М. т. н., старший преподаватель кафедры геотехники и строительных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Республика Беларусь г. Брест, ул. Московская, 267, klebanjuk.dmitri@yandex.ru*

*<sup>2</sup> К. т. н., профессор кафедры геотехники и строительных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», Республика Беларусь г. Брест, ул. Московская, 267, ofig@bstu.by*

Произвольный выбор конструктивных параметров тяжелых трамбовок и не учет технологических особенностей и закономерностей динамики уплотнения грунтовых оснований практически всегда приводит не только к удорожанию инженерной подготовки строительной площадки, но и не позволяет достичь требуемого уплотнения оснований при относительно приемлемых энергетических затратах.

Анализ исследований показывает, что оптимизация размеров и форм подошвы трамбовок, а соответственно массы, высоты сбрасывания, расстояния между точками уплотнения, технологии и организации производства работ требует достоверного учета инженерно-геологических условий строительной площадки.

Выявлено, что с увеличением модуля деформации уплотняемых грунтов ( $E_0$ ) требуется уменьшение диаметра трамбовки ( $d_{mp}$ ) при прочих постоянных факторах: естественная ( $\rho_d^{ecm}$ ) и требуемая ( $\rho_d^{mp}$ ) плотности сухого грунта; мощности уплотняемой толщи ( $h_{yn}$ ) и энергии удара ( $M$ ).

При этом уменьшение  $d_{mp}$  возможно до определенных пределов, так как при малых значениях  $d_{mp}$  ( $d_{mp} < 1,0$  м) происходит разуплотнение грунта с образованием зон выпора за пределами пяты трамбования. Выявлено также, что чем больше мощность и требуемая плотность ( $\rho_d^{mp}$ ) уплотняемого слоя ( $H_{yn}$ ), тем  $d_{mp}$  (при прочих постоянных факторах) должен быть меньше, что и определяет необходимость при уплотнении грунтовых толщ большой мощности одновременно с увеличением  $d_{mp}$  увеличивать массу трамбовки ( $M$ ) и высоту сброса ( $H$ ).

Исследования также позволяют отметить, что наибольшая эффективность уплотнения грунтовых оснований достигается при оптимальной влажности грунтов ( $w_{opt}$ ). При влажности ниже оптимальной требуется большая энергия на разрушение существующей и формирование новой структуры, что и обуславливает уменьшение глубины уплотнения ( $H_{yn}$ ) при незначительном повышении степени уплотнения. Так, например, для глинистых грунтов снижение влажности ниже оптимальной на 4–5 % приводит к уменьшению глубины уплотнения до 15–20 %, при этом большое значение имеет содержание глинистых частиц. Также выявлено, что, чем однороднее грунт, тем плотность будет выше при одних и тех же энергозатратах на уплотнение.

Анализ исследований изменений влажности ( $w$ ) и плотности сухого грунта ( $\rho_d$ ), в зависимости от энергии удара ( $\sqrt{MgH}$ ), показал, что чем больше энергия удара, тем влажность уплотняемого грунта меньше. При этом практически для всех видов и состояний грунтов наибольшее снижение влажности характерно на первоначальном этапе уплотнения, даже при малой энергии удара. Что касается изменений плотности сухого грунта ( $\rho_d$ ), то оно имеет обратную тенденцию, т. е. при увеличении энергии удара плотность сухого грунта ( $\rho_d$ ) увеличивается и, особенно, на начальном этапе уплотнения.

Анализ влияния технологических особенностей на уплотнение грунтовых оснований показывает, что определяющими являются схемы размещения точек уплотнения – по вершинам квадратов, углам равностороннего или равнобедренного треугольника и число ударов трамбовок в одной точке.

При этом расстояние между точками уплотнения пропорционально увеличению диаметра трамбовки ( $d_{mp}$ ), плотности сухого грунта ( $\rho_d$ ) и мощности уплотняемой толщи ( $h_{yn}$ ).

Не менее существенно и влияние формы подошвы трамбовок: ступенчатая, плоская и криволинейная (сферическая).

Следует отметить, что на практике обычно выбор оптимальных конструктивных параметров трамбовок и технологий процесса уплотнения, при однородных

инженерно-геологических условиях строительных площадок, не представляет больших затруднений.

При сложных инженерно-геологических условиях осадка, что характерна для большинства строительных площадок, выбор оптимальных конструктивных параметров трамбовок и технологии процесса уплотнения уже в обязательном порядке требует проведения опытного уплотнения в нескольких точках с наиболее характерной вертикальной и горизонтальной изменчивостью инженерно-геологических условий.

Однако выбор местоположения точек для опытного уплотнения весьма затруднителен, так как методик и рекомендаций практически не существует.

В связи с этим нами были проведены исследования степени влияния основных свойств уплотняемых грунтов на глубину отпечатка, мощность зоны уплотнения и ее параметры.

Особое внимание при исследованиях уделялось проблеме распространения вибрационных воздействий на смежные участки и их влияние на изменение естественной структуры грунтовых и технических объектов.

Выявлено, что определяющими свойствами являются: коэффициент пористости (35 %), плотность (10 %), поровое давление до консолидации (8 %) и коэффициент Пуассона (4 %).

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОСОБОЙ РАСЧЕТНОЙ СИТУАЦИИ**

***Колчунов<sup>1</sup> В. И., Федорова<sup>2</sup> Н. В., Савин<sup>3</sup> С. Ю., Амелина<sup>4</sup> М. А.***

*<sup>1</sup> Д. т. н., профессор, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, asiorel@mail.ru*

*<sup>2</sup> Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, fedorovanv@tgsu.ru*

*<sup>3</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, suwin@yandex.ru*

*<sup>4</sup> Аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия, margo.dremova@mail.ru*

Здания и сооружения нормального и повышенного уровня ответственности в течение срока своей эксплуатации могут подвергаться аварийным воздействиям, которые трудно или невозможно предусмотреть на этапе проектирования. Несмотря на низкую вероятность реализации таких воздействий, высокие риски, связанные с нежелательными социальными последствиями для зданий

повышенного уровня ответственности и, в первую очередь, с массовым единовременным пребыванием людей, требуют учета на этапе проектирования особых расчетных ситуаций. Обеспечение устойчивости конструктивных систем зданий и сооружений к начальным локальным повреждениям и разрушениям в особой расчетной ситуации тесно связано с развитием и совершенствованием моделей и методов оценки сопротивления несущих элементов динамическим догрузениям, возникающим в результате внезапных изменений расчетной схемы сооружения.

Исследована устойчивость внецентренно сжатых железобетонных элементов в особой расчетной ситуации, вызванной начальным локальным отказом одного из несущих элементов каркаса здания. При оценке напряженно-деформированного состояния внецентренно сжатых элементов поврежденной конструктивной системы учитывались дополнительные повороты сечений с трещинами за счет накопления взаимных относительных смещений бетона и арматуры на участках прилегающих к берегам трещин. Размеры блоков между трещинами устанавливаются с использованием модели уровневых расстояний между трещинами Вл. И. Колчунова на уровнях нагружения, предшествующих достижению предельного состояния несущей способности рассматриваемого конструктивного элемента. Рассматриваются случаи разрушения элементов по материалу и от потери устойчивости в зависимости от конструктивных особенностей и параметров воздействия. Для разграничения этих случаев принято соотношение изгибающих моментов от продольного и от поперечного изгиба. Разрушение от потери устойчивости наступает при преобладании в опасном сечении изгибающего момента от продольного изгиба. Оценка разрушения конструктивного элемента для двух случаев разрушения при этом выполняется с использованием энергетического критерия, предполагающего равенство нулю приращения энергии деформации с учетом ограничений по предельным относительным деформациям материала при его разрушении. Работа элемента после превышения энергетического критерия возможна лишь при условии, что относительные деформации в материале не превысили установленных предельных значений, а также имеет место избыточная жесткость каркаса здания в зоне возможного локального разрушения.

Выполнено численное исследование сопротивления фрагментов каркасов зданий в зоне возможного локального разрушения в особой расчетной ситуации с использованием метода конечных элементов в сочетании с дополнительными нелинейно податливыми дискретными связями, вводимыми в расчетную схему с шагом, равным уровневому расстоянию между трещинами в стадии предразрушения. Рассматривался консервативный сценарий внезапного выключения одного из несущего элементов из силового сопротивления конструктивной системы здания. Задача решалась в нелинейной квазистатической постановке. Деформированное состояние элементов в зоне возможного локального разрушения определялось по полным диаграммам деформирования из условия равенства полной энергии их деформации и работы, совершаемой внешними силами на первой полуволне колебаний поврежденной конструктивной системы.

По результатам исследования установлен прирост деформаций конструкций по сравнению с результатами моделирования, не учитывавшими эффекты раскрытия дискретных трещин. Результаты моделирования сопоставлены с опытными данными для конструкций железобетонных рам, испытанных на внезапное выключение несущего элемента, и продемонстрировали удовлетворительное совпадение.

## **К ВОПРОСУ СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕЗУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА**

*Невдах А. А.*

*Магистр технических наук, аспирант кафедры строительных конструкций  
младший научный сотрудник отраслевой лаборатории  
«Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве»  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, [alina.nevdah@mail.ru](mailto:alina.nevdah@mail.ru)*

### **Введение**

В современных условиях строительства, как в мировой практике, так и в Республике Беларусь, особое внимание уделяется улучшению эффективности строительных материалов и конструкций. Снижение материалоемкости и уменьшение массы конструкций без утраты их несущей способности – один из приоритетов, обусловленный как экономическими, так и экологическими аспектами. В этой связи керамзитобетон выделяется как перспективный строительный материал, обладающий невысокой плотностью и высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, что делает его особенно востребованным для создания несущих и ограждающих конструкций. Однако применение железобетонных балок из конструкционного керамзитобетона требует глубокого анализа их сопротивления срезу, особенно в условиях сложного напряженно-деформированного состояния.

В то время как керамзитобетон в мировой практике все шире используется благодаря своим физико-механическим характеристикам, расчетные методики, используемые в строительстве, недостаточно учитывают его специфику. Это вызывает необходимость в адаптации нормативно-технических стандартов с учетом особенностей таких конструкций.

### **Особенности сопротивления срезу железобетонных конструкций из керамзитобетона**

На сегодняшний день существуют различные подходы к расчету сопротивления срезу в железобетонных конструкциях. В научной литературе представлено несколько механических и эмпирических моделей, в которых учитываются особенности легких бетонов. Механические модели основаны на аналитических

зависимостях и позволяют учитывать механические свойства материалов. Эмпирические модели, напротив, опираются на результаты экспериментальных данных и могут быть полезны при расчете конкретных конструктивных ситуаций. Несмотря на теоретические наработки, большинство моделей остаются привязанными к условиям использования тяжелых бетонов, а особенности легких бетонов, таких как керамзитобетон, требуют дополнительных поправок и допущений.

Сопротивление срезу в железобетонных балках, особенно из легких бетонов, таких как керамзитобетон, остается одной из сложных и малоизученных проблем строительной механики. В нормативных документах, как отечественных, так и зарубежных, расчет сопротивления срезу часто ограничивается введением понижающих коэффициентов прочности для легких бетонов. Однако такие подходы не всегда учитывают особенности их структуры и физико-механических характеристик. Например, легкие бетоны обладают меньшей плотностью и отличительными свойствами заполнителя, что влияет на характер трещинообразования и природу разрушения конструкции. Исследования показывают, что конструкции из керамзитобетона склонны к образованию наклонных трещин при срезающих усилиях, что может приводить к хрупкому разрушению, особенно при отсутствии поперечного армирования.

#### **Экспериментальные исследования и результаты**

Для анализа существующих моделей была создана база экспериментальных данных, включающая результаты испытаний железобетонных балок из легких бетонов с различными параметрами армирования и типами нагрузки. Испытания показали, что балки из керамзитобетона обладают повышенной хрупкостью разрушения. При этом значительное влияние на сопротивление срезу оказывает использование поперечного армирования, которое увеличивает несущую способность балок. Экспериментально было подтверждено, что в конструкциях из легких бетонов часто наблюдается развитие трещин с шероховатыми краями, что обусловлено свойствами заполнителя. В связи с этим балки, изготовленные из керамзитобетона, имеют склонность к разрушению по сжатой бетонной полосе.

#### **Заключение**

Керамзитобетон является перспективным материалом для строительства, особенно в условиях необходимости снижения материалоемкости конструкций. Тем не менее, его применение требует корректировки существующих нормативных расчетов на срез, так как легкие бетоны характеризуются иными физико-механическими свойствами по сравнению с бетонами нормального веса. Результаты экспериментальных исследований и анализа существующих моделей сопротивления срезу подчеркивают необходимость разработки (усовершенствования) расчетных методик для конструкций из легких бетонов. Оптимизация состава бетона с использованием современных добавок, улучшение физико-механических характеристик материалов, таких как керамзит, а также внедрение новейших технологий армирования помогут улучшить устойчивость к разрушению и долговечность конструкций.

## НОРМА ОСВЕЩЕНИЯ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Нурьев Р. Ш., Нурбердиев А. Ч., Атамырадова М.*

*Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары*

Важно заниматься спортом и упражнениями на ежедневной основе. Чтобы вести здоровый образ жизни. Потому что регулярные физические упражнения повышают работоспособность и мотивируют человека к творчеству и продуктивности. Особое значение имеет строительство и ввод в эксплуатацию современных спортивных школ, спортивных сооружений, пропаганда здорового образа жизни. Освещение спортивных школ и спортивных сооружений является одним из важных вопросов.

Создание рационального и высококачественного спортивного освещения является сложной и противоречивой задачей, требующей в первую очередь обеспечения оптимальных зрительных условий для спортсменов, зрителей и судей, а также требований для ведения телевизионных трансляций с мест соревнований.

Для спортсменов система освещения должна обеспечивать условия для быстрого и надежного различения объектов наблюдения (мяч, шайба, снаряд и т. д.), как правило, быстро движущихся на фоне переменной яркости, при этом угловые размеры объекта наблюдения могут изменяться в широких пределах, а сам наблюдатель также часто быстро перемещается в произвольных направлениях. Для мгновенного выбора правильного решения спортсмену необходимо не только фиксировать местоположение объекта наблюдения, но и оценить характер его движения, в частности, направление вращения мяча, его траекторию и т. д., а также иметь возможность координировать свои действия с положениями и действиями других спортсменов в пределах игрового поля. Для неигровых видов спорта полноценное освещение позволяет не только выполнить необходимую спортивную программу, но и уменьшает вероятность травматизма.

Для зрителей и судей также необходимо обеспечить быструю зрительную фиксацию происходящих спортивных событий, часто в условиях больших расстояний наблюдения, особенно на крупных сооружениях, где это расстояние может достигать несколько сотен метров, а угловой размер объекта составляет лишь несколько угловых минут. Наряду с этим, учитывая зрелищность спортивных соревнований, должны быть обеспечены комфортные условия для зрителей; не только достаточные уровни яркости наблюдаемых объектов и равномерность распределения света, но и максимально ограниченное слепящее действие источника света и хорошая цветопередача излучения.

Реализация этих общих требования для разных видов спорта и спортивных сооружений осуществляется различными путями.

Открытия и закрытия спортивные сооружения можно подразделить на «плоскостные» – спортсмены находятся все время на горизонтальной плоскости, и на «объемные», где спортсмены перемещаются в некотором пространстве (трамплины для прыжков на лыжах, бассейны для прыжков в воду и т. д.).



Кроме того, виды спорта, а соответственно и сооружения для них, делятся на игровые и неигровые. Игровые виды спорта бывают «наземные» и «воздушные».

Наземными играми считаются те, в которых объект наблюдения (мяч, шайба) движутся по земле или вблизи нее, а линия зрения спортсменов обычно горизонтальна или направлена ниже горизонта (хоккей, городки и т. п.) Воздушные – это те игры, в которых объекты наблюдения перемещаются в пространстве над игровой площадкой, а линия зрения спортсменов часто бывает направлена выше горизонта. Сюда относится большинство спортивных игр; футбол, баскетбол, теннис бадминтон и др.

Для реализации требований, предъявляемых к осветительные установки сооружений, как с телевизионными трансляциями так и без них, регламентируются следующие основные параметры:

- уровни горизонтальной и вертикальной освещенности и показатели равномерности освещения;
- показатели слепящего действия и пульсации освещения;
- цветовая температура и индекс цветопередачи излучения источников света.

В качестве основного количественного показателя в практике принимается спортивное освещение обеспечивающего требуемый уровень видимости. Для большинства видов спорта регламентируется горизонтальная освещенность как параметр, достаточно просто и надежно характеризующий осветительные установки. Ее обеспечение в заданных пределах при правильно выбранной системе и типах осветительных приборов позволяет получить уровни освещенности и в вертикальных плоскостях.

Однако в ряде видов спорта, особенно «воздушного», а также там, где объект наблюдения расположен в вертикальной плоскости (например, в стрельбе), нормируется также вертикальная освещенность. Поскольку видимость объекта для спортсменов, зрителей и телевизионных систем определяется соотношениями световых потоков, падающих на объект с разных направлений и создающих моделирующие эффекты, при проектировании систем освещения целесообразно учитывать соотношение освещенностей в различных вертикальных плоскостях.

Различие в рекомендуемых величинах освещенности для одного и того же вида спорта, в крытых и открытых спортивных сооружениях объясняется соображениями экономии.

Кроме того, как правило в крытых спортивных сооружениях проводится соревнования более высокого уровня, сопряженные с большими скоростями движения и большей ответственностью зрительной работы.

# КОНКУРСЫ, ОЛИМПИАДЫ, КРУЖКИ И МАСТЕР-КЛАССЫ ПО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЮ, КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОТИВАЦИИ АБИТУРИЕНТОВ В ВЫБОРЕ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Остриков<sup>1</sup> О. М., Острикова<sup>2</sup> М. Я.*

*<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель*

*<sup>2</sup>ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», г. Гомель*

Опыт проведения конкурсов, олимпиад, кружков и мастер-классов по 3D-моделированию показал [1–3], что данные мероприятия позволяют не только интенсифицировать процесс обучения трехмерному моделированию, но и могут широко использоваться в профориентационной работе с потенциальными абитуриентами в качестве мотивационного фактора в выборе для получения высшего образования специальностей технического профиля.

Целью данной работы стала разработка основанной на использовании опыта проведения конкурсов, олимпиад, кружков, мастер-классов по 3D-моделированию методики мотивирования абитуриентов на получение инженерного образования.

На рисунке 1 представлена схема этапов формирования у абитуриентов установки на выбор получения образования технического профиля.



*Рисунок 1 – Схема формирования у абитуриентов мотивации выбора специальности технического профиля для получения высшего образования*

На первом этапе (этапе информирования) получение абитуриентами первичной информации о 3D-моделировании (рисунок 1) может происходить из средств массовой информации, так как 3D-моделирование в настоящее время является актуальной областью человеческой деятельности. Однако для управления процессом информирования учебным заведениям технического профиля целесообразно включать сведения о 3D-моделировании в агитационные выступления преподавателей в рамках мероприятий типа «ней открытых дверей университетов», факультетских мероприятий, посвященных абитуриентам, а также в профориентационную работу преподавателей.

Более детальная информация о 3D-моделировании доводится до заинтересовавшихся абитуриентов на втором этапе формирования мотивации в рамках проводимых университетом мастер-классов (рисунок 1), где опытные преподаватели наглядно показывают процесс создания 3D-моделей, дают возможность абитуриентам самостоятельно построить простейшие 3D-модели. Мастер-классы, как правило, проводятся в инженерных классах, оснащенных компьютерной техникой с соответствующим специализированным программным обеспечением.

Дальнейшее поддержание интереса к 3D-моделированию, а вместе с ним и к инженерному образованию, осуществляется на третьем этапе в рамках кружковой деятельности. Кружки целесообразно проводить в компьютерных классах университета, так как при этом одновременно решается задача и по адаптации будущих студентов к университетским условиям обучения.

Хорошим дополнительным мотивирующим фактором для кружкового обучения 3D-моделированию являются проводимые университетами олимпиады и конкурсы [1–3]. Участие школьников в этих мероприятиях позволяет им приобщиться к 3D-проектированию и инженерному творчеству, формирует стремление создавать все более сложные 3D-модели для достижения более высоких результатов в конкурсных мероприятиях.

В итоге, при прохождении представленных на рисунке 1 этапов профориентационной работы у школьников формируется мотивация выбора технического профиля в своем дальнейшем образовании. А от степени мотивации абитуриентов обучаться по выбранной специальности зависит и качество их будущей подготовки как специалистов, что положительно скажется на экономике государства.

Таким образом, в результате обобщения опыта профориентационной работы в рамках проведенных конкурсов, олимпиад, кружков, мастер-классов по 3D-моделированию разработана методика мотивирования абитуриентов на получение инженерного образования, имеющего важное значение в положительной динамике экономики страны.

## Список использованных источников

1. Остриков, О. М. Конкурс «3D-моделирование» как реклама аддитивных технологий и метод интенсификации обучения трехмерному моделированию и конструированию / О. М. Остриков // Аддитивные технологии, материалы и конструкции : материалы научно-технической конференции, Гродно, 5–6 октября 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: А. И. Свириденко (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2016. – С. 228–230.
2. Остриков, О. М. Конкурсы и олимпиады по 3D-моделированию как эффективные образовательные технологии в подготовке специалистов транспортного комплекса / О. М. Остриков, М. Я Острикова, В. О. Остриков // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа, Гомель, 16–17 ноября 2023 г. : в 2 ч. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – Ч. 2. – 203–204.
3. Асенчик, О. Д. Опыт проведения конкурса «3D-моделирование» в УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» / О. Д. Асенчик, Г. В. Петришин, О. М. Остриков // Тез. докл. III Республиканской научно-методической конференции «Проблемы современного образования в техническом вузе». – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – С. 95–97.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА С ПОЛИДИСПЕРСНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

**Павлова<sup>1</sup> И. П., Лизогуб<sup>2</sup> И. В., Лизогуб<sup>3</sup> А. А.**

*канд. техн. наук, доц., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов  
УО «Брестский государственный технический университет»  
г. Брест, Республика Беларусь, pavlinna@tut.by*

*магистр техн. наук, старший преподаватель кафедры строительного производства  
УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»  
г. Гродно, Республика Беларусь, belalutaja-95@mail.ru*

*магистр. техн. наук, научный сотрудник НИЧ  
УО «Брестский государственный технический университет»  
г. Брест, Республика Беларусь, p\_332\_14lizogub@mail.ru*

Напрягающий бетон обладает способностью не только компенсировать усадочные деформации, но и получать регулируемое исходное напряженно-деформированное состояние элементов конструкции, положительно влияющее на их эксплуатационные характеристики и долговечность. Напрягающий бетон наиболее полно реализует свои свойства в условиях ограничения. Подходы

к прогнозированию свойств напрягающего бетона не являются универсальными, поскольку основаны, как правило, на феноменологических методах и эмпирических зависимостях. Поэтому для сокращения временных и экономических затрат необходимо минимизировать возможные экспериментальные исследования, заменяя эмпирический подход аналитическим моделированием.

Выделяют два основных подхода к определению собственных деформаций и напряжений напрягающего бетона в условиях ограничения. Первый – энергетический подход (теории В. В. Михайлова, Y. Tsuji), базирующийся на законе сохранения энергии. Энергия, которая при свободном расширении затрачивается на разрушение внутренних связей цементной матрицы, компенсируется работой арматуры на растяжение и бетона на сжатие [1, 2]. Данный подход позволяет выполнять расчеты, не устанавливая зависимости, описывающие кинетику развития свободных деформаций расширения во времени, изменение модуля упругости и функции ползучести напрягающего бетона в раннем возрасте, опираясь только на энергетическую марку бетона по самонапряжению. Однако энергетические модели не способны охватить все возможные варианты ограничения (несимметричное одностороннее армирование, абсолютно жесткое ограничение, свободное расширение и пр.) [3].

Наряду с энергетическими, широкое применение получили модели, базирующиеся на втором основном подходе, – деформационном. Такой подход рассматривает расширение на элементарных временных интервалах, на которых происходит приращение деформаций свободного расширения. Деформационные модели способны учитывать изменения физико-механических свойств материала, влияние ползучести в раннем возрасте и реакции, возникающей в упругом ограничении на очередных этапах прироста деформаций [4, 5]. Недостатком таких моделей является трудоемкость расчета ввиду большого количества входных параметров.

Известно, что модификация структуры бетона одновременным вводом расширяющейся добавки и фибры может значительно улучшить эксплуатационную надежность и повысить эффективность конструкций и сооружений [6–10]. Расширение такого бетона происходит в условиях обжатия дисперсными армирующими волокнами, в результате чего создается предварительное напряжение, которое почти полностью сохраняется и после стабилизации процесса. Ввиду хаотичного расположения волокон, формирующего объемный преднапряженный фиброкаркас [11], дисперсное армирование напрягающего бетона следует рассматривать как пространственное ограничение. Вследствие этого, прогнозирование деформаций и напряжений необходимо осуществлять, руководствуясь положениями деформационного подхода.

Модифицированная деформационная модель напрягающего фибробетона для случая трехосного ограничения основана на предпосылке о том, что данный материал может быть представлен в виде шара из расширяющегося бетонного ядра и покрывающей его однородной оболочки постоянной толщины, состоящей из материала фибры (рис. 1).

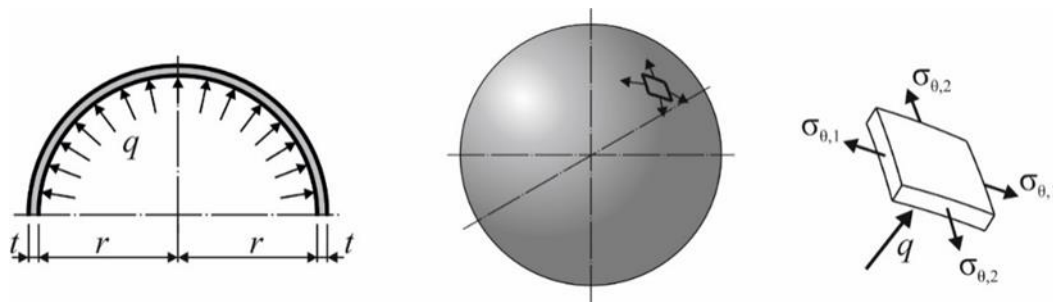


Рисунок 1 – Изображение сферической оболочки из фибры с возникающими в ней напряжениями  $\sigma_i$  и  $\sigma_m$  от действия радиальной равномерно распределенной нагрузки  $q$

В общем виде модель напрягающего фибробетона для случая трехосного ограничения в соответствии с [15] на произвольном  $i$ -м временном интервале может быть описана системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\Delta\sigma_{cf})_i = \frac{2t}{r} \cdot \frac{E_s}{1-\mu_s} \cdot (\Delta\varepsilon_r)_i; \\ (\Delta\varepsilon_r)_i = (\Delta\varepsilon_f)_i - (\Delta\sigma_{cf})_i \cdot (1-2\mu_c) \cdot J(\tau_{i+1/2}; \tau_i) - \sum_{j=1}^{i-1} \left[ (\Delta\sigma_{cf})_j \cdot \frac{\Delta\phi(\tau_i; \tau_j)}{E_{cm,28}} \right] - \\ - \sum_{j=1}^{i-1} \left[ \frac{(\Delta\sigma_{cf})_j}{E_{cm}(\tau_j)} \right] \cdot \frac{E_{cm,aw}(\tau_{(i-1)+1/2})}{E_{cm}(\tau_{(i-1)+1/2})}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Как видно из (1) результатом решения (откликом модели) являются собственные деформации  $\varepsilon_r$  и напряжения напрягающего фибробетона  $\sigma_{cf}$ , на которые влияет ряд геометрических, жесткостных, деформационных параметров, а также его возраст и температура.

Отношение  $t/r$  является геометрической характеристикой расчетной модели и согласно принятым допущениям [12] пропорционально расходу фибры на единицу объема бетона. Другими словами, данный параметр отражает объемное соотношение волокон фибры  $\rho_s$ .

Жесткостные характеристики модели, к которым относятся модуль упругости и коэффициент Пуассона, условно можно разделить на параметры напрягающего бетона ( $E_c, \mu_c$ ) и параметры материала фибры ( $E_s, \mu_s$ ) (в случае полиармирования – параметры  $n$  материалов ( $E_{s1}, \mu_{s1}, \dots, E_{sn}, \mu_{sn}$ )).

К деформационным характеристикам модели относится функция относительных деформаций свободного расширения во времени  $\varepsilon_f(\tau)$ , функции ползучести бетона  $J(\tau_{i+1/2}; \tau_j)$ .

Стоит отметить, что адекватное теоретическое описание процесса развития деформаций свободного расширения фибробетона во времени  $\varepsilon_f(\tau)$  и по сей день является фундаментальной проблемой физики и механики бетона. Поэтому в данных исследованиях используются нормализованные зависимости  $\varepsilon_f(\tau)$  для составов напрягающего бетона различной активности, полученные по результатам испытаний.

Важными характеристиками модели являются возраст  $\tau$  и температура  $T$  напрягающего фибробетона на стадии его твердения и расширения. Данные параметры учитываются при моделировании изменения модуля упругости и функции ползучести бетона во времени путем введения модифицированного возраста бетона  $\tau_i$ , который соотносится с  $\tau$  суткам реального возраста бетона и учитывает влияние температурного режима на стадии твердения и расширения бетона:

$$\tau_i = \sum_{j=1}^n \Delta\tau_j \cdot e^{13,65 - \frac{4000}{273+T(\Delta\tau_j)/T_0}}, \quad (2)$$

где  $\Delta\tau_j$  – количество суток (дней) с температурой  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ );  $T_0 = 1^{\circ}\text{C}$ .

Модуль упругости бетона в модифицированном возрасте, соответствующем реальному возрасту бетона  $\tau_j$ , может быть получен:

$$E_c(\tau) = E_{cm,28} \cdot \exp \left\{ s \left[ 1 - \left( \frac{\tau_{m,28} - a}{\tau_i - a} \right)^{0,5} \right] \right\}, \quad (3)$$

где  $s$  – эмпирический коэффициент, учитывающий тип вяжущего;

$a$  – эмпирический коэффициент, учитывающий влияние времени начала схватывания.

Коэффициент ползучести бетона  $\phi(t; t_0)$  рассчитывают по следующей формуле:

$$\phi(\tau; \tau_0) = \phi_0 \cdot \beta_c(\tau; \tau_0), \quad (4)$$

где  $\phi_0$  – базовый коэффициент ползучести;

$\beta_c(\tau, \tau_0)$  – коэффициент, описывающий развитие ползучести во времени после нагружения.

$$\beta_c(\tau, \tau_0) = \frac{(\tau - \tau_0)}{\beta_H + (\tau - \tau_0)}, \quad (5)$$

$\beta_H$  – коэффициент, учитывающий влияние возраста бетона [3, 6].

Проанализировав полученные результаты, были сформулированы следующие **выводы**:

1. Изменяя количество и вид расширяющейся добавки и варьируя коэффициент армирования, можно получить сталефибробетоны с регулируемым значением собственных деформаций.

2. Область эффективного использования стальных волокон с целью достижения эффекта «связывания» свободного расширения в напрягающем бетоне разной энергоактивности располагается в пределах значений от  $\rho_s = 0,38\%$  до  $\rho_s = 0,64\%$  (от 30 до 50 кг на  $1\text{ м}^3$  бетона).

3. Увеличение модуля упругости бетона приводит к сдерживанию развития свободных деформаций и созданию более благоприятного напряженно-деформированного состояния, что в итоге приводит к увеличению связанных деформаций по отношению к свободным при высоких модулях упругости. Наоборот, снижение модуля упругости, приводя к снижению общей жесткости композитной системы, в итоге не «препятствует» росту свободных деформаций при общем снижении величины связанных. В таких случаях для энергоактивных

бетонов, склонных к разуплотнению на стадии расширения и спадам прочности и модуля упругости, необходимо предусматривать дисперсное армирование по верхнему пределу ( $\rho_s = 0,64 \%$ ).

4. Изменение количества вводимой фибры приводит к разным эффектам в развитии связанных деформаций напрягающего бетона в разные временные интервалы. Увеличение процента фибры в бетоне приводит к снижению связанных деформаций, причем зависимость носит линейный характер до момента стабилизации расширения, когда в активно гидратирующей системе происходит перераспределение напряжений и фибра связывает систему, оказываясь химически преднапряженной. После стабилизации процесса расширения зависимость становится нелинейной и с увеличением  $\rho_s > 0,64 \%$  носит пологий характер. Дальнейшее увеличение количества фибры при стабилизировавшемся процессе расширения приводит только к увеличению пластической составляющей в структуре, что подтверждает сформулированные выше выводы об оптимальной области объемного содержания фибры в напрягающем бетоне разной активности, при которой ее свойства как ограничивающего элемента реализуются наиболее полно.

#### Список использованных источников

1. Михайлов В. В. Расширяющиеся и напрягающиеся цементы и самонапряженные конструкции / В. В. Михайлов, С. Л. Литвер // М.: Стройиздат, 1974. – 389 с.

2. Tsuji, Y. Methods of estimating chemical prestress and expansion distribution in expansive concrete subjected to uniaxial restraint / Y. Tsuji // Concrete Library of JSCE. – 1984. – №3. – p. 131–143.

3. Тур, В. В. Модели, применяемые для расчета связанных деформаций и самонапряжений в элементах из напрягающего бетона / В. В. Тур, О. С. Семенюк // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2016. – № 1. – С. 53–69.

4. Ito, H. Early age deformation and resultant induced stress in expansive high strength concrete / H. Ito, I. Maruyama, M. Tanimura, R. Sato // Journal of Advanced Concrete Technology. 2004;(2). – pp. 155–174.

5. Semianiuk, V. Early age strains and self-stresses of Expansive concrete members under uniaxial restraint conditions / V. Semianiuk, V. Tur, M. F. Herrador // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 131. – PP. 39–49.

6. Алексеев, В. А. Добавки с самостоятельной гидравлической активностью для набрызгбетона / В. А. Алексеев, Ю. М. Баженов, С. И. Баженова [и др.] // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 8 (1008). – С. 61–63.

7. Елсуфьева, М.С. Оценка долгосрочного изменения свойств сталефибробетонов с расширяющими добавками / В. Г. Соловьев, А. Ф. Бурьянов // Строительные материалы. – 2015. – № 7. – С. 21–23.



8. He, H. A. Performance on steel fiber reinforced self-stressing concrete. Key Engineering Materials / H. A. He, B. X. Wang, J. T. Lin // Trans Tech Publications Ltd. 2009. – Vol. 400. – Pp. 427–432. – DOI:10.4028/www.scientific.net/kem.400-402.427.

9. Харченко, А.И. Применение расширяющихся цементов для набрызгбетона в тоннельном строительстве / А. И. Харченко, И. Я. Харченко, В. Я. Алексеев, С. И. Баженов // Вестник МГСУ. – 2019. – №11 – С. 1438–1448.

10. Sengul, O. Mechanical properties of slurry infiltrated fiber concrete produced with waste steel fibers // Construction and Building Materials. 2018. – Vol. 186. – Pp. 1082–1091. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.08.042.

11. Елсуфьева, М. С. Применение расширяющихся добавок в сталефибробетоне / М. С. Елсуфьева, В. Г. Соловьев, А. Ф. Бурьянов // Строительные материалы. – 2014. – № 8. – С. 60–63.

12. Павлова, И. П. Собственные деформации напрягающего бетона с дисперсным армированием: часть 1. Моделирование / И. П. Павлова, И. В. Белкина // Известия вузов. Строительство. – 2022. – №9. – С. 5–17.

## **ИНВЕСТИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

*Проровский А. Г.*

*зав. кафедрой мировой экономики, маркетинга, инвестиций  
УО «Брестский государственный технический университет»*

### **Введение**

Инвестиционно-строительный комплекс реагирует на внутренние и внешние условия [1]. В 2023 году мировая экономика столкнулась с проблемами повышения темпов инфляции, ужесточению денежно-кредитной политики; украинский конфликт оказывает значительное давление на глобальные прямые иностранные инвестиции; санкционная война и действия «коллективного Запада» нарушают основы рыночной экономики [2].

Анализируя инвестиционную деятельность в Республике Беларусь (таблица 1), можно сделать следующие выводы:

1) инвестиции в основной капитал в 2023 году в Республики Беларусь выросли после снижения в 2022 году;

2) аналогичная ситуация по вводу в эксплуатацию основных средств и затратам на строительно-монтажные работы;

3) в 2023 значительно повысились затраты на приобретение машин, оборудования, транспортных средств.

Таблица 1. – Основные показатели по инвестициям в основной капитал (в фактически действовавших ценах; миллионов рублей, [3])

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Инвестиции в основной капитал	18 710,0	21 033,7	25 004,4	28 798,9	29 633,4	31 042,4	28 461,7	37 382,4
из них строительно-монтажные работы	9 774,2	10 278,3	12 349,0	14 289,2	15 602,3	15 217,5	14 685,9	17 427,0
затраты на приобретение машин, оборудования, транспортных средств	6 678,3	8 417,5	10 072,8	11 508,7	10 910,0	12 540,4	9 751,5	15 401,3

Последнее десятилетие для строительного комплекса Республики Беларусь выдалось очень непростым: произошло существенное снижение строительно-монтажных работ. Число строительных организаций за период 2015–2023 года в Республике Беларусь снизилось на 20 % (таблица 4).

Таблица 4 – Количество строительных организаций [3]

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Республика Беларусь	10 173	9 515	8 718	8 514	8 332	8 357	8 101	8 034	8073

Главным фактором снижения объема подрядных работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство», является снижение бюджетного финансирования.

Активизация инвестиционной деятельности в Республике Беларусь является одним из приоритетных направлений экономического развития. Для этого необходимо создать благоприятный инвестиционный климат, стимулировать внутренние и привлекать иностранные инвестиции, обеспечивать эффективное использование инвестиционных ресурсов. Некоторые из возможных мер по активизации инвестиционной деятельности включают:

- необходимо постоянно совершенствовать законодательство в области упрощения процедур инвестиционных процессов;
- развивать инфраструктуру для повышения качества и доступности транспортных, энергетических, коммуникационных и других услуг для бизнеса;
- поддерживать инновационную деятельность для создания конкурентных преимуществ белорусских предприятий на внешних рынках;
- привлекать иностранных партнеров и инвесторов для включения белорусских предприятий в цепочки добавленной стоимости;
- развивать фондовый рынок для привлечения как иностранных, так и внутренних инвестиций.

В настоящее время необходимы срочные меры по активизации инвестиционных процессов в Республике Беларусь, особенно в сфере цифровизации и инноваций.

## **Заключение**

Мировая экономика переживает турбулентный период своего развития, что самым непосредственным образом сказывается на инвестиционной деятельности в Республике Беларусь. Для устойчивого развития экономики Республики Беларусь необходима активизация инвестиционных процессов на новых, современных и эффективных принципах.

## **Список использованных источников**

1. Проровский, А. Г. Инвестиционная привлекательность Китайской Народной Республики = Investment Attractiveness of the People's Republic of China / А. Г. Проровский, Чжаоюй Ван // Актуальные проблемы современных экономических систем – 2023 : сборник научных трудов / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет ; редкол.: А. Г. Проровский [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2023. – С. 4–7. – Библиогр.: с. 7 (3 назв.).

2. Проровский, А. Г. Современное состояние инвестиций и инноваций в глобальной экономике = The Current State of Investment and Innovation in the Global Economy / А. Г. Проровский // Национальные экономические системы в контексте формирования глобального экономического пространства : сборник научных трудов / Министерство образования, науки и молодежи Республики Крым, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Республики Крым «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова» ; под общ. ред. З. О. Адамановой. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2023. – С. 469–473.

3. Национальный статистический комитет. – URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=156385> – Дата обращения: 10.10.2024.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО КОМПЛЕКСНОЙ РЕНОВАЦИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ СТАРЫХ ТИПОВЫХ СЕРИЙ**

***Черноиван Н. В.***

*К.т.н., доцент, заместитель декана по учебной и научной работе АСФ  
УО «Брестский государственный технический университет»  
г. Брест, Беларусь, chernoivan@inbox.ru*

Обследования технического состояния жилых крупнопанельных зданий серий 1-335, 1-335А, 1-464, 1-464А и их модификаций, построенных в 60–90-х годах прошлого столетия, выполненные специалистами «Института жилища – НИПТИС им. Атаева С. С.», свидетельствуют о том, что на сегодня эксплуатационные характеристики этих зданий, и в первую очередь теплотехнические, не отвечают

современным требованиям [1]. Следует отметить, что здания этих серий и их модификаций проектировались как временные со сроком службы до 30 лет.

Высокие темпы развития промышленного производства в Беларуси с середины 60-х годов прошлого столетия привели к бурному росту численности городского населения и существенно увеличили число нуждающихся в благоустроенных квартирах.

Темпы и объемы строительства нового жилья не позволяли обеспечить всех нуждающихся квартирами даже в течении 10–15 лет. Для снижения остроты этой проблемы сроки эксплуатации крупнопанельных жилых зданий старых серий постоянно продлевались.

Однако большие объемы строительства нового жилья привели к тому, что ежегодный рост средней стоимости строительства 1 м<sup>2</sup> общей площади вводимого в эксплуатацию жилья составил 4–6% [1]. Основная причина увеличения стоимости строительства 1 м<sup>2</sup> нового жилья – это материальные и финансовые затраты на прокладку инженерных коммуникаций, транспортную инфраструктуру, благоустройство территории и пр.

С учетом изложенного выше, а так же учитывая высокую экономическую эффективность «точечной» застройки (стоимость 1 м<sup>2</sup> общей площади более чем на 25 % ниже стоимости аналогичных жилых зданий, построенных на вновь осваиваемых территориях), можно сделать вывод, что основным резервом снижения стоимости 1 м<sup>2</sup> общей площади возводимого жилья является строительство на территориях, имеющих инженерные коммуникации, транспортную инфраструктуру, действующие объекты здравоохранения, торговли, школы, детские садики и пр.

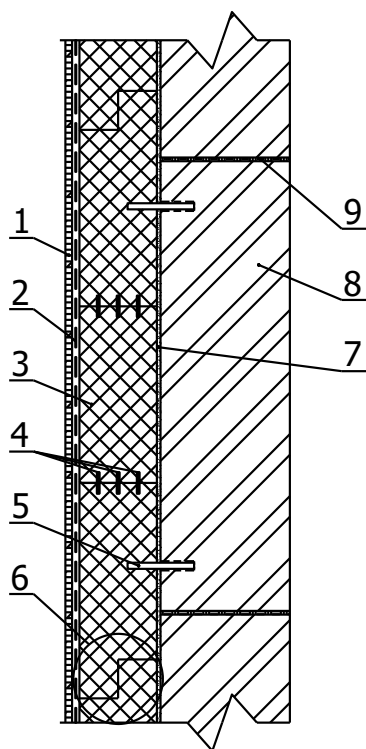
Сегодня наиболее полно этим критериям отвечают жилые микрорайоны городов с застройкой крупнопанельными зданиями старых типовых серий.

Рациональное использование застроенных территорий жилых микрорайонов городов предлагается решать, базируясь на комплексной реновации эксплуатируемых крупнопанельных жилых зданий, которую рекомендуется выполнять в следующей технологической последовательности.

Первый этап – тепловая реабилитация фасадов зданий. Для снижения трудоемкости производства работ рекомендуется применить теплоизоляционную облицовочную фасадную панель заводского изготовления [2].

Разработанное конструктивно-технологическое решение утепления фасадов крупнопанельных зданий с применением фасадной панели заводского изготовления (рисунок 1) позволяет практически полностью исключить все трудоемкие ручные технологические операции и отказаться от устройства строительных лесов.

Второй этап выполнения комплексной реновации – это увеличение этажности (надстройка дополнительных этажей). Предлагается эту задачу решать следующим образом. В габаритных размерах (по периметру) реконструируемого здания возводится монолитный несущий каркас, состоящий из колонн и монолитных плит перекрытия. Такое конструктивное решение позволяет полностью исключить передачу дополнительных силовых воздействий на конструктивные элементы эксплуатируемых зданий от вновь возводимых этажей.



- 1 – декоративно-защитный и окрасочный слой;
- 2 – армирующий слой;
- 3 – теплоизоляционная облицовочная фасадная панель;
- 4 – стеклопластиковый штифт;
- 5 – стеклопластиковый установочный анкер-фиксатор;
- 6 – стык «фолдинг»;
- 7 – полимерный клеевой состав;
- 8 – утепляемая поверхность;
- 9 – стык между стеновыми панелями

*Рисунок 1 – Рекомендуемое конструктивное решение утепления фасадов крупнопанельных зданий*

Оптимальным конструктивным решением фундаментов под монолитные колонны является монолитная железобетонная фундаментная плита. Технология производства работ по устройству таких фундаментов детально изложена в [3].

Все технологические процессы по возведению монолитных железобетонных колонн с использованием самоуплотняющейся бетонной смеси и монолитных железобетонных перекрытий (покрытия) рассмотрены в [3].

Наружные стены возводимых этажей выполняются из легкобетонных блоков на полиуретановой клеевой композиции.

Для вновь возводимых этажей лифты монтируют в открытых лифтовых шахтах. Эвакуационные выходы (лестничные клетки) для жильцов надстроженных этажей выполняют в торцах здания из утепленной кирпичной кладки.

### **Список использованных источников**

1. Анализ рынка жилищного строительства : ПРООН/ГЭФ. Проект № 00077154 «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь». – URL: <https://energoeffect.gov.by/effbuild/download/429.pdf> – Дата обращения: 24.09.2024.

2. Теплоизоляционная облицовочная стеновая панель : полез. модель ВУ № 13538 / В. Н. Черноиван, В. Г. Новосельцев, Н. В. Черноиван, Е. И. Шляхова. – Оpubл. 20.08.2024.

3. Черноиван, В. Н. Технология строительного производства : учебное пособие / В. Н. Черноиван, С. Н. Леонович, Н. В. Черноиван. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 576 с.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ МЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ

*Шалобыта<sup>1</sup> Н. Н., Матвеевко<sup>2</sup> Е. С.*

*<sup>1</sup>К.т.н., проректор по научной работе  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, nnshalobyta@mail.ru*

*<sup>2</sup>М.т.н., младший научный сотрудник Испытательного центра  
УО «Брестский государственный технический университет»  
Брест, Беларусь, elizabeth.brenkovich@yandex.by*

Рассматривая работу железобетонных конструкций, следует отметить, что в ряде случаев возникают условия, при которых формируется значительные растягивающие усилия, приложенные на сравнительно небольшом (локальном) участке. Распределение напряжений в таких областях неравномерно, вследствие чего может произойти местное разрушение конструкции. Одним из таких случаев является отрыв (вырыв). Отрыв может возникать в совершенно различных ситуациях, зачастую которым не предается особого значения.

Выполненный анализ научно-технической и нормативной литературы, а также результатов известных экспериментально-теоретических исследований сопротивления элементов железобетонных конструкций при местном действии растягивающих усилий показал, что формирование значительного по величине растягивающего (отрывающего) усилия, приложенного на достаточно небольшом участке, характерно для таких случаев, как отрыв бетона в главной балке монолитного ребристого перекрытия в результате действия опорных реакций второстепенных балок; отрыв полки от стенки в коньковом узле двухскатных стропильных балок двутаврового сечения; отрыв части бетона в балке нагрузкой от оборудования, подвешенного к ней через отверстия в стенке, и отрыв закладных деталей или вырыв отдельных анкеров.

Отличия в характере разрушения элементов железобетонных конструкций при местном действии растягивающих усилий в зависимости от положения нагрузки по высоте сечения были описаны еще Б. Н. Оныськивым в середине 70-х годов прошлого столетия. Автором были выделены следующие особенности разрушения: при приложении нагрузки в пределах сжатой зоны бетона разрушение происходит в результате среза, при приложении в растянутой зоне – в результате отрыва.

Для определения влияния на сопротивление отрыву таких факторов, как процент армирования, степень предварительного обжатия бетона и наличия ослаблений сечения и установления действительное напряженно-деформированное состояние элементов железобетонных конструкций без поперечного армирования при местном действии растягивающих усилий, были выполнены численно-экспериментальные исследования и факторов, влияющих на сопротивление отрыву (положения нагрузки по высоте сечения, процент армирования, степень предварительного обжатия бетона и наличия ослаблений сечения).

По результатам экспериментальных исследований работы элементов железобетонных конструкций при местном действии растягивающего усилия, приложенного через отверстие, установлено, что несущая способность таких конструкций при приложении нагрузки в пределах высоты сечения зависит от процента продольного рабочего армирования и положения нагрузки по высоте сечения элемента. Положение точки приложения отрывающего усилия оказало влияние как на размер зоны отрыва, так и на характер разрушения.

Создание предварительного напряжения в железобетонных элементах цельного сечения, подверженных местному действию растягивающих усилий, привело к увеличению трещиностойкости элемента. Разрушение в данном случае происходило в результате выделения пирамиды отрыва, вершина которой находилась выше точки приложения отрывающего усилия. Не выявлено влияние положения консоли, а также процента армирования на характер разрушения элементов с предварительным напряжением.

При рассмотрении работы железобетонного элемента с монолитно связанной грузовой консолью при действии растягивающего усилия в пределах высоты сечения, установлено влияние от схемы заглубления и процента продольного армирования на несущую способность.

Детальное изучение величины и направления напряжений, деформаций в бетонных элементах при действии растягивающего усилия, а также определение момента образования первых трещин, особенностях их развития и угол их распространения позволит уточнить один из важнейших составляющих расчета, учитываемый в расчетных моделях как в отечественных, так и в зарубежных нормативных документах, – размера основания призмы выкалывания бетона элемента.

Учета особенностей напряженно-деформированного состояния растянутого бетона для отдельных конструктивных элементов железобетонных конструкций или узлов их крепления, позволит в целом сократить расходы на производство железобетонных конструкций и строительство зданий и сооружений с применением этих конструкций.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1. СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Аббасов К. Т., Онысько С. Р.**

ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
ПРИ ПОМОЩИ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ СТАНКА  
ADVERCUT K6090T..... 3

**Бочарова Н. В., Веремейчик А. И., Никитина А. А.**

О РОЛИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ  
СТУДЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ..... 5

**Веремейчик А. И., Онысько С. Р., Сазонов М. И., Хвисевич В. М., Ярмач М. А.**

ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ЧУГУНА ВЧ100 ..... 8

**Восович С. М.**

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОАО «БЕЛАЗ»  
В НАЧАЛЕ ТРЕТЬЕГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ XX В. .... 10

**Демьянчук О. В., Шимановский А. О.**

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА СИЛЫ,  
ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА..... 12

**Миронова М. Н., Антонова Е. Н.**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАЗОРА МЕЖДУ ДЕТАЛЬЮ  
И ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ПНЕВМОЦЕНТРОБЕЖНОЙ  
ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ ..... 15

**Кравченко В. В.**

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНОЙ ВОДЫ В ПОРОВОЙ СТРУКТУРЕ  
ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ..... 17

**Овчинников Е. В., Лунь В. И., Свистун А. Ч., Линник Д. И.**

**Веремейчик А. И., Белоусов Д. В.**  
АНТИФРИКЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ ПОКРЫТИЯ  
ДЛЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ..... 20

**Стаценко А. А., Бочкарев С. С.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ..... 23

**Францевич А. В., Прокопья О. Н.**

К ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ  
МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ..... 24

**Шумская В. В.**

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА  
В ИНФРАСТРУКТУРУ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ..... 26



*Эйсымонт Е. И., Овчинников Е. В., Веремейчик А. И.*  
*Григорьева Т. Ф., Воропаева Е. Т.*  
ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ,  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫМИ ЧАСТИЦАМИ ..... 29

*Чекан Н. М., Овчинников Е. В., Акула И. П., Веремейчик А. И.*  
*Огородников А. В., Хвисевич В. М.*  
АДГЕЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕРХТВЕРДЫХ  
ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АЛТИНОВ ..... 32

## СЕКЦИЯ 2. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ

*Алексеева Н. В.*  
ОЦЕНКА ТЕПЛОТДАЧИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ  
И ХЛОРИДА НАТРИЯ ..... 36

*Андреюк С. В., Крук А. С.*  
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМАМ  
ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛАРУСИ ..... 38

*Ануфриев В. Н., Волкова Г. А.*  
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА РЕАГЕНТНУЮ ВОДОПОДГОТОВКУ ..... 41

*Артемчик А. А., Левкевич В. Е.*  
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ  
ПОДПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И БЕРЕГОВ ВОДОЕМОВ  
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ..... 44

*Асаулов Р. В.*  
ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ..... 46

*Волчек А. А., Безручко А. В.*  
ПОЛИГОНЫ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАК ИСТОЧНИК  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ..... 48

*Волчек А. А., Городнюк Ю. П.*  
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ  
НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 51

*Волчек А. А., Зубрицкая Т. Е.*  
ТЕНДЕНЦИИ В КОЛЕБАНИЯХ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ  
БЕЛАРУСИ И СТРАН ЕВРОПЫ ..... 54

*Волчек А. А., Кухаревич М. Ф., Парфомук С. И., Сидак С. В.*  
*Шешко Н. Н., Шпендик Н. Н.*  
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗМЫВА БЕРЕГОВ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ ..... 56

<b>Волчек А. А., Окоронко И. В.</b> ОЦЕНКА СЕНСОРНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОДОСБОРОВ БАССЕЙНА Р. ЯСЕЛЬДЫ .....	59
<b>Волчек А. А., Розумец И. Н.</b> ТВЕРДЫЙ СТОК РЕКИ ЯСЕЛЬДА И ЕГО ВНУТРИГODOVOE РАСПРЕДЕЛЕНИЕ .....	61
<b>Глушко К. А., Глушко К. К.</b> ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	64
<b>Житенев Б. Н., Сенчук Д. Д.</b> ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ СВИНЦА ФИЛЬТРАМИ, ЗАГРУЖЕННЫМИ ИЗМЕЛЬЧЕННЫМ БРИКЕТИРОВАННЫМ ТОРФОМ .....	67
<b>Исаев О. И.</b> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	69
<b>Кондрина О. Г.</b> ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОБЛЮДЕНИЕМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПО ОБРАЩЕНИЮ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ.....	71
<b>Левчук Н. В., Олехнович К. А.</b> ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД НА ПРОЦЕССЫ КОРРОЗИИ МАТЕРИАЛОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ .....	75
<b>Мешик О. П., Борушко М. В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕЛИЧИН ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ ПО ДАННЫМ О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНОГО СИЯНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	77
<b>Михневич Э. И., Буриев Э. С., Имамназаров Ш. Н., Грузинова В. Л.</b> МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КАНАЛОВ.....	80
<b>Папаскири Т. В., Липски С. А., Рассказова А. А., Фаткулина А. В.</b> АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН.....	81
<b>Протасевич А. С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ (НА ПРИМЕРЕ ОБЛАСТНЫХ ЦЕНТРОВ) .....	84
<b>Свистун К. А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ МЕХАНИЗМЫ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С НАНОСАМИ В ЭКОСИСТЕМАХ .....	87

<i>Суворова Ю. А., Полякова И. С., Назарова Е. Г.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПОРОХОВОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	89
<i>Хлывнюк А. Р.</i> ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С КАРТОГРАФИРОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ .....	92
<i>Хорохорина И. В., Туманова А. Н.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЭЦ.....	94
<i>Шешко Н. Н., Кухаревич М. Ф.</i> ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	96
СЕКЦИЯ 3. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НАУЧНЫЙ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ И ПРИКЛАДНОЙ АСПЕКТЫ	
<i>Барсуков В. Г., Веремейчик А. И.</i> МИКРОКОНТАКТНАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ ЗИБЕЛЯ И КУЛОНА .....	99
<i>Кушнер Т. Л., Ворсин Н. Н., Гладыщук А. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ ФИЗИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ .....	101
<i>Лихацевич А. П., Малышко А. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ .....	104
<i>Маняшин А. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ СТАММ В ОБУЧЕНИИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ .....	107
<i>Монтик Н. С.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭМОЦИЙ ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ .....	108
<i>Напрасников В. В., Ван Цзыжуй, Чжан Цзыхан</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРОЕННЫХ ЯЗЫКОВ ПРИ ОБУЧЕНИЮ КОНЕЧНО–ЭЛЕМЕНТНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ .....	110
<i>Тарасевич М. Д.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗВОЗА ТОВАРА СО СКЛАДА ПО ТОРГОВОМУ ЗАЛУ БЕСПИЛОТНОЙ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКОЙ .....	112
<i>Федоров С. С.</i> ЦИФРОВАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАМПУСОВ МИРОВОГО УРОВНЯ РФ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	113

СЕКЦИЯ 4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА: ПРОБЛЕМЫ,  
ПЕРСПЕКТИВЫ, ПОДГОТОВКА КАДРОВ

<i>Зазерская В. В.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА .....	114
<i>Захарченко Л. А., Медведева Г. Б.</i> ПРОЕКТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ БЕЛАРУСИ И РОССИИ.....	116
<i>Кирчук Е. В.</i> ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ .....	118
<i>Курилюк Д. А.</i> УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРОЕКТОМ: АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ И МЕТОДОЛОГИЙ .....	121
<i>Манцерава Т. Ф., Лапченко Д. А., Кравчук Е. А.</i> УСИЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ЗАКАЗЧИКАМИ КАДРОВ КАК ОСНОВНОЙ ТРЕНД ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ КАДРОВ В ВУЗАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	123
<i>Мартынюк А. Н.</i> ИНВЕСТИЦИОННЫЙ КЛИМАТ: ФАКТОРЫ И ТЕНДЕНЦИИ .....	126
<i>Немогай Н. В., Бонцевич Н. В., Колесников С. Д.</i> ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ .....	131
<i>Немогай Н. В., Бонцевич Н. В., Колесников С. Д.</i> ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ УВО .....	134
<i>Потапова Н. В.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА: ПРОБЛЕМЫ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В БУХГАЛТЕРСКОМ УЧЕТЕ.....	136
<i>Приймачук И. В.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ .....	142
<i>Станкевич Д. В.</i> ВЗАИМОСВЯЗЬ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И СОЦИАЛЬНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА.....	144
<i>Халецкая П. С.</i> СИСТЕМЫ ПРИВЛЕЧЕНИЯ МИГРАНТОВ В РАЗНЫХ СТРАНАХ .....	147

СЕКЦИЯ 5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

**Акулова О. А., Кривицкий П. В., Матвеев Н. В.**

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТИПОВЫХ СЕРИЙ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ СБОРНОГО  
ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПРЕДПРИЯТИЯМИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ..... 151

**Барковская<sup>1</sup> М. М., Гладковский<sup>2</sup> В. И., Кушнер<sup>3</sup> Т. Л.**

**Пинчук<sup>4</sup> А. И., Савчук<sup>5</sup> О. Ф., Савчук<sup>6</sup> К. А.**  
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ  
ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ НА КАФЕДРЕ ФИЗИКИ БрГТУ ..... 154

**Деркач Е. А.**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ..... 156

**Деркач В. Н., Кривицкий П. В.**

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КАРКАСНО-КАМЕННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ  
В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ..... 159

**Дордюк Ю. С.**

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
В РАМКАХ СРЕДЫ MATLAB ..... 162

**Zheltkovich A., Molosh V., Marmysh D., Parchotz K., Ren Yuhang, Huang Zien**

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОСЕТИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ  
УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В МОНОЛИТНЫХ  
БЕТОННЫХ ПЛИТАХ НА ОСНОВАНИИ ..... 164

**Капский Д. В.**

НА ПУТИ К КОНЦЕПЦИИ «УНИВЕРСИТЕТ 5.0» ИЛИ ЗАВТРА БУДЕТ СЕГОДНЯ ..... 168

**Клебанюк Д. Н., Шведовский П. В.**

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ  
ТЯЖЕЛЫМИ ТРАМБОВКАМИ ..... 170

**Колчунов В. И., Федорова Н. В., Савин С. Ю., Амелина М. А.**

УСТОЙЧИВОСТЬ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ В ОСОБОЙ РАСЧЕТНОЙ СИТУАЦИИ ..... 172

**Невдах А. А.**

К ВОПРОСУ СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕЗУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА ..... 174

<b>Нурьев Р. Ш., Нурбердиев А. Ч., Атамырадова М.</b> НОРМА ОСВЕЩЕНИЯ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	176
<b>Павлова И. П., Лизогуб И. В., Лизогуб А. А.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА С ПОЛИДИСПЕРСНЫМ АРМИРОВАНИЕМ.....	180
<b>Проровский А. Г.</b> ИНВЕСТИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	185
<b>Черноиван Н. В.</b> ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО КОМПЛЕКСНОЙ РЕНОВАЦИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ СТАРЫХ ТИПОВЫХ СЕРИЙ.....	187
<b>Шалобыта Н. Н., Матвеев Е. С.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ МЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ.....	190

Научное издание

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
И ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

**Сборник тезисов  
Международной научно-практической конференции  
31 октября – 2 ноября 2024 года**

Ответственный за выпуск: Шалобыта Н. Н.  
Редактор: Винник Н. С.  
Компьютерная верстка: Тюшкевич П. Б.  
Корректор: Дударук С. А.

---

Издательство БрГТУ.  
Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 3/1569 от 16.10.2017 г.  
Подписано в печать 27.12.2024 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».  
Усл. печ. л. 11,63. Уч. изд. л. 12,5. Заказ № 1252. Тираж 166 экз.  
Печать цифровая. Изготовлено и отпечатано в типографии  
учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-646-8



