

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
МИНИСТЕРСТВО АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
«СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ»**

**Б.М. ХРУСТАЛЕВ  
С.Н. ЛЕОНОВИЧ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
«СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ»  
(2011–2015 гг.):  
АНАЛИЗ ИТОГОВ ВТОРОГО ГОДА РАБОТЫ**

Научно-технический справочник

Минск  
БНТУ  
2013

**Хрусталеv, Б. М.** Государственная программа научных исследований «Строительные материалы и технологии» (2011–2015 гг.): анализ итогов второго года работы: научно-технический справочник / Б. М. Хрусталеv, С. Н. Леонович. – Минск: БНТУ, 2013. – 188 с. – ISBN 978-985-550-210-5.

В научно-техническом справочнике проанализированы итоги второго года работы по выполнению ГПНИ «Строительные материалы и технологии», дана краткая характеристика заданий программы и описаны результаты их выполнения.

Материалы, приведенные в справочнике, могут представлять интерес для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и магистрантов при проведении исследований и выполнении расчетов практического характера.

Р е ц е н з е н т ы :

*М. Л. Ашмян*, первый заместитель генерального директора  
ОАО «Минскпромстрой»;

*С. В. Третьяк*, главный инженер проектов ОАО «Институт  
«Гродногипрострой» Министерства архитектуры и строительства  
Республики Беларусь

## Введение

Государственная программа научных исследований «Строительные материалы и технологии» утверждена постановлением Президиума НАН Беларуси от 23.12.2010 г. № 71.

### 1. Краткая характеристика заданий программы

1.1. Основные цели и задачи ГПНИ «Строительные материалы и технологии», утвержденные Советом Министров Республики Беларусь от 09.06.2010 № 886 «Разработка теории и методологии создания строительных материалов с высокими потребительскими свойствами на заданный срок службы, научных принципов создания импортозамещающих экологически чистых строительных материалов и технологий, обеспечивающих энергоэффективность и эксплуатационную надежность».

Государственные заказчики программы: Национальная академия наук Беларуси; Министерство образования Республики Беларусь.

Головная организация – исполнитель работ по программе: Белорусский национальный технический университет Министерства образования Республики Беларусь.

Научный руководитель программы – ректор Белорусского национального технического университета, академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор Хрусталева Б.М.

Количество организаций, участвующих в выполнении ГПНИ «Строительные материалы и технологии» в 2012 г. – 9:

*Минобразования* – 8

- Белорусский национальный технический университет.
- Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта».
- Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».
- Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет».
- Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

- Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».
- Белорусский государственный университет.
- Белорусский государственный экономический университет.

*НАН Беларуси* – 1

- Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого».

Количество заданий, предусмотренных на 2012 год, всего – 38, из них:

фактически выполнено – 38	исключено из программы – 0
не выполнено в срок – 0	включено в программу – 0

**«Строительные материалы и технологии 02»** «Разработка защитных составов с использованием наноструктурных соединений для поверхностной обработки силикатных строительных материалов». Научный руководитель д-р техн. наук Шаповалов В.М. Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого», Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта».

**«Строительные материалы и технологии 04»** «Разработка научных основ управления структурой продуктов гидросиликатного твердения с целью получения конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона с маркой по плотности D300 и D400» Научный руководитель канд. техн. наук Мечай А.А. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет». **«Строительные материалы и технологии 05»** «Разработка составов и технологии получения керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен с использованием природного минерального сырья и техногенных отходов». Научный руководитель д-р техн. наук Левицкий И.А. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

**«Строительные материалы и технологии 06»** «Исследование влияния поверхностно-активных веществ и электролитов на реологические и физико-химические свойства керамических масс с целью создания энергосберегающих технологий». Научный руководитель д-р техн. наук Пищ И.В. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

**«Строительные материалы и технологии 07»** «Разработка физико-химических основ малоэнергетических процессов производства модифицированных минеральных вяжущих, обеспечивающих повышенные эксплуатационные свойства строительным материалам». Научный руководитель д-р техн. наук Кузьменков М.И. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

**«Строительные материалы и технологии 08»** «Комплексное исследование каолинов Республики Беларусь, обоснование методов обогащения, разработка составов и технологии получения на их основе керамических строительных и огнеупорных материалов и изделий». Научный руководитель канд. техн. наук Дятлова Е.М. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

**«Строительные материалы и технологии 09»** «Разработка теоретических основ и проведение экспериментальных исследований по созданию новых экологически безопасных пористых силикатных строительных материалов, обеспечивающих энергосбережение в зданиях и сооружениях и их эксплуатационную надежность». Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Гайшун В.Е. Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины».

**«Строительные материалы и технологии 10»** «Разработка теории и методов многочастотного микроволнового контроля влагосодержания строительных растворов и смесей в процессе производства и транспортировки для обеспечения их высоких потребительских и эксплуатационных свойств». Научный руководитель канд. техн. наук Курило Н.И. Научно-исследовательский институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко» Белорусский государственный университет.

**«Строительные материалы и технологии 11»** «Разработка методов получения силикат-содержащих и глинистых вспученных теплоизоляционных материалов на основе природного и техногенного сырья». Научный руководитель канд. хим. наук Щукин Г.Л. Белорусский государственный университет.

**«Строительные материалы и технологии 12»** «Разработка научных основ ресурсосберегающей технологии производства отделочных строительных материалов с использованием неорганических отходов станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей». Научный руководитель д-р техн. наук Ковчур С.Г. Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет».

**«Строительные материалы и технологии 13»** «Разработка антикоррозионной композиции и способа ее получения для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб». Научный руководитель д-р хим. наук Матвейко Н.П. Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет».

**«Строительные материалы и технологии 14»** «Моделирование на мезоуровне механических свойств композиционных строительных материалов с учетом агрессивного воздействия окружающей среды». Научный руководитель член-корр. д-р техн. наук Плещачевский Ю.М. Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта».

**«Строительные материалы и технологии 15»** «Моделирование хлоридной агрессии на высококачественный бетон для обеспечения расчетного срока эксплуатации». Научный руководитель канд. техн. наук Талецкий В.В. Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта».

**«Строительные материалы и технологии 17»** «Совершенствование технологии бетонных работ с использованием импортозамещающих мобильных бетонорастворных узлов, обеспечивающих достижение требуемого срока службы бетона». Научный руководитель д-р техн. наук Леонович С.Н. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 18»** «Совершенствование технологии монолитного строительства на основе разработки системы инновационных неразрушающих методов и импортозамещающих приборных средств контроля прочностных и деформативных показателей железобетонных конструкций для обеспечения проектных сроков их эксплуатации». Научный руководитель канд. техн. наук Снежков Д.Ю. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 19»** «Исследование деформативности и вязкости разрушения импортозамещающего высокопрочного бетона при высоких температурах (до 700 °С)». Научный руководитель канд. техн. наук Зверев В.Ф. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 20»** «Разработка экологически чистой энергоэффективной технологии бетонирования при отрицательных температурах, обеспечивающей заданные характеристики бетона». Научный руководитель канд. техн. наук Голубев Н.М. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 21»** «Исследование и разработка организационно-технологических мероприятий импортозамещающего производства архитектурного стекла». Научный руководитель канд. техн. наук Минеев Р.А. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 22»** «Исследование импортозамещающей технологии гидрофобизации цемента и бетона для обеспечения расчетного срока службы при воздействиях окружающей среды». Научный руководитель канд. техн. наук Земляков Г.В. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 23»** «Разработка теоретических и методологических основ оптимизации прочностных и деформационных свойств материалов конструктивных слоев дорожных одежд как нелинейных систем с целью направленного регулирования их надежности и долговечности». Научный руководитель д-р техн. наук Веренько В.А. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 24»** «Разработка научно-технологических принципов изготовления наружных ограждающих конструкций с использованием экологически чистых энерго- и экономически эффективных теплоизоляционных слоев с ограниченными воздушными ячеистыми контурами». Научный руководитель академик НАН Беларуси, д-р техн. наук Хрусталеv Б.М. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 25»** «Разработка технологии восстановления эксплуатационной пригодности несущих конструкций методом внешнего армирования с использованием импортозамещающей системы на основе однонаправленной ткани из углеродного волокна производства СПО «ХИМВОЛОКНО» с двухкомпонентным порозакрывающим материалом на основе водной дисперсии эпоксидной смолы». Научный руководитель канд. техн. наук Попов О.В. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 26»** «Разработка теории и создание технических средств автоматизации производства строительных смесей». Научный руководитель д-р техн. наук Соломахо В.Л. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 27»** «Разработка научных принципов создания технологических критериев аэродинамической и тепло- и массоэкологической устойчивости воздушно-теплого режима надземных и подземных энергоэффективных сооружений с учетом факторов ионизации». Научный руководитель академик НАН Беларуси, д-р техн. наук Хрусталеv Б.М. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 28»** «Разработка рациональной теплоэнергетической системы предприятий строительных материалов с применением комбинированной генерации на базе современных тепловых двигателей». Научный руководитель д-р техн. наук Романюк В.Н. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 29»** «Разработка энергоэффективной технологии изготовления неразъемных соединений газоплотных и взрывобезопасных металлических систем вентиляции при строительстве зданий и сооружений». Научный руководитель д-р техн. наук Пантелеенко Ф.И. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 30»** «Научное обоснование тепло- массо- технологических принципов функционирования воздухоопорных конструкций различного назначения с применением энергоэффективных оболочек, обеспечивающих нормативные температурно-влажностные условия и снижение теплопотерь в окружающую среду». Научный руководитель академик НАН Беларуси, д-р техн. наук Хрусталеv Б.М. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 31»** «Разработка технологий устройства искусственных оснований в сложных инженерно-геологических условиях, обеспечивающих энергоэффективность их устройства и высокую эксплуатационную надежность введенных на них фундаментов». Научный руководитель д-р техн. наук Пойта П.С. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

**«Строительные материалы и технологии 32»** «Разработка новых конструктивных форм и методов рационального проектирования с применением эффективной металлической структурной конструкции системы «БрГТУ» для промышленного и гражданского строительства». Научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

**«Строительные материалы и технологии 33»** «Разработка новых технологий и импортозамещающего оборудования для измельчения кровельных битумных отходов и битумов твердых марок в вяжущий порошок для производства на его основе экологически чистых строительных материалов». Научный руководитель канд. техн. наук Устинов Б.С. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

**«Строительные материалы и технологии 34»** «Разработка положений вероятностной деградационной модели железобетона, применяемой для расчетных оценок долговечности и нормирования срока службы вновь проектируемых и существующих строительных объектов». Научный руководитель д-р техн. наук Тур В.В. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

**«Строительные материалы и технологии 35»** «Разработка научно-теоретических основ получения эффективных высококачественных бетонов и повышения эксплуатационной надежности путем управляемого структурообразования». Научный руководитель канд. техн. наук Павлова И.П. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

**«Строительные материалы и технологии 36»** «Создание методологии построения экспертных систем управления разработкой и внедрением гармонизированных с европейскими нормами стандартов в области строительства по критерию допустимого риска». Научный руководитель д-р техн. наук Серенков П.С. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 37»** «Моделирование высококачественного бетона на основе современных представлений о его фазовом составе методами микромеханики». Научный руководитель канд. техн. наук Трепачко В.М. Белорусский национальный технический университет.

**Строительные материалы и технологии 38»** «Создание эффективных ультралегковесных огне-теплозащитных гранулированных материалов на базе вермикулитового концентрата и белорусских глинистых минералов и организация производства изделий на их основе для промышленного и гражданского строительства». Научный руководитель чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук Пантелеенко Ф.И. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 39»** «Разработка теории нелинейных процессов локализации деформации в конструкционных материалах типа бетона». Научный руководитель д-р физ.-мат. наук Князев М.А. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 40»** «Разработка композиционных дорожных материалов на основе отходов железобетонных изделий и модифицирующих добавок с регулируемой прочностью, скоростью отверждения и пониженным пылевыделением». Научный руководитель д-р техн. наук Бусел А.В. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 41»** «Разработка теории компьютерного термографирования предельного состояния материалов строительных конструкций и экспериментальное обоснование методологии контроля эксплуатационной надежности несущих строительных конструкций при нормальных и повышенных температурах». Научный руководитель д-р физ.-мат. наук Василевич Ю.В. Белорусский национальный технический университет.

Количество исполнителей заданий в 2012 г., всего – 215,  
в том числе:

- академиков НАН Беларуси – 1;
- членов-корреспондентов НАН Беларуси – 2;
- докторов наук (без учета академиков и членов корреспондентов) – 30;
- кандидатов наук – 71;
- без учёной степени – 111.

Фактический объем финансирования заданий и сопровождения ГПНИ «Строительные материалы и технологии» в 2012 г. всего – 2382,0 млн руб., из них:

– средства республиканского бюджета – 2382,0 млн руб.,

в том числе

Министерство образования Республики Беларусь  
2316,0 млн руб.;

Национальная академия наук Беларуси – 66,0 млн руб.;

– внебюджетное финансирование – 1297,1 млн руб.

Министерство образования Республики Беларусь –  
1297,1 млн руб.

НАН Беларуси – нет;

- ❖ ЗАО «Парад» выделил 10,0 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 04»;
- ❖ ОАО «Керамин» выделил 14,8 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 06»;
- ❖ ЗАО «Инома» выделил 15,0 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 07»;
- ❖ ГП «Институт НИИСМ» выделил 1,0 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 08»;

- ❖ ООО «Инженерный центр «АМТ инжиниринг»» выделил 10,0 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 08»;
- ❖ ОАО «Керамин» выделил 3,5 млн.руб., на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 08»;
- ❖ ЧУП «Жлобинский мясокомбинат» выделил 8,0 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 14»;
- ❖ КУП «Гомельский городской дорожный строительно-ремонтный трест» выделил 3,0 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 14»;
- ❖ ЧУП «Полесье-Агроинвест» выделил 11,0 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 14»;
- ❖ РУП «Бреставтодор» выделил 8,7 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 31»;
- ❖ ОАО ДСТ-4 выделил 10,0 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 31»;
- ❖ КУПП «Брестдорпроект» передал на кафедру ПЭВМ «ArByte» Temp 4Д2-865G стоимостью 2,9 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 31»;
- ❖ ОАО «Брестмаш» выделил 796,2 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 32»;
- ❖ ЧУП «Плазма Сервис» выделил 2,74 млн.руб. на изготовление перерабатывающих машин по заданию «Строительные материалы и технологии 33»;
- ❖ ОДО «Поли-Сервис» выделил 315,0 млн.руб., на реализацию задания «Строительные материалы и технологии 35»;
- ❖ НП РУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» выделил 7,5 млн.руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 36»;
- ❖ ИЧТПУП «Брадлекс» выделило 4,5 млн. руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 38»;
- ❖ КУП «Гомельский городской дорожный строительно-ремонтный трест» выделил 10,2 млн. руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 40».

Объем выделенных бюджетных средств соответствует плану.

## 2. Результаты научных исследований по заданиям программы

### 2.1. Важнейшие результаты научных исследований

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 04» (УО «Белорусский государственный технологический университет», научный руководитель канд. техн. наук Мечай А.А.) разработаны составы модифицированного ячеистого бетона с марками по плотности D300– D400. Установлено, что оптимальная микро- и макроструктура модифицированных образцов обуславливает изменение физико-механических и теплофизических свойств бетона. Влажность после автоклавной обработки для контрольных образцов с марками по плотности D300 – D400 составляет 23–24 %, образцов, модифицированных САФД – 19–20%. При среднегодовой относительной влажности воздуха в Беларуси 79 % сорбционная влажность контрольного образца бетона составляет 7 %, модифицированного САФД – 5,8 %. Снижение коэффициента теплопроводности для модифицированного бетона составляет 10 – 30 % для марки по плотности D300, 10 – 20 % – для марки D400 в зависимости от состава. Усадка модифицированных образцов снижается по сравнению с контрольным на 8 – 10 % (для образца, модифицированного САФД – 0,34 мм/м).

В рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» (УО «Белорусский государственный технологический университет», научный руководитель д-р техн. наук Кузьменков М.И.) разработан оптимальный температурно-временной режим тонкослойного обжига доломита месторождения «Руба» методом термического удара. Изучены основные свойства доломитовой извести, полученной методом термического удара. Разработаны параметры обжига доломита на доломитовую известь на пилотной установке на ОАО «Доломит». Изучены свойства полученной доломитовой извести по режиму скоростного обжига.

По результатам исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 18» (Белорусский национальный технический университет, научный руководитель канд. техн. наук Снежков Д.Ю.) разработана и изготовлена лабораторная установка для инденторных и акустико-эмиссионных испытаний бетонных образцов,

с использованием преобразователей-инденторов по патенту Республики Беларусь на полезную модель № 6896 «Ультразвуковой преобразователь» авторы Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Экспериментально уточнены зависимости внедрения сферического индентора от силы статического индентирования для области упругого взаимодействия с бетоном. Установлена закономерность снижения поправочного коэффициента  $\psi$  зависимости, описывающей упругое взаимодействие бетона с индентором  $F = A \cdot H^{\psi 1.5}$ , для тяжелого бетона классов С20/25–С30/37, от 1 до 0,72 при снижении контрольного возраста до 10 суток. На основе конечно-элементной модели напряженно-деформированного состояния бетона в процессе его индентирования с использованием программного комплекса ABAQUS установлена зависимость параметров внедрения индентора от деформативных характеристик бетона и обжатия зоны контакта толщиной материала.

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 23» (Белорусский национальный технический университет. РУП «Научно технологический парк БНТУ «Политехник» научный руководитель д-р техн. наук Веренько В.А.) произведены работы по экспериментальному исследованию особенностей деформационного поведения асфальтобетона, которые имеют нелинейный характер. Доработан способ определения расчетных характеристик дорожных одежд, отражающих устойчивость конструкций к воздействию транспортной нагрузки. Произведена корректировка методологии определения надежности дорожных одежд, которая позволит более точно характеризовать работу конструкции дорожной одежды под действием транспортной нагрузки. Разработана методика проектирования конструкций дорожных одежд повышенной устойчивости к возникновению пластических деформаций. Разработана методика проектирования конструкций асфальтобетонных покрытий на мостовых сооружениях.

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 27» («Белорусский национальный технический университет»), научный руководитель академик НАН Беларуси д-р техн. наук Хрусталёв Б.М.) получена зависимость, характеризующая устойчивость ограждающих конструкций (аэродинамическая, диффузионная, устойчивость относительно капельной влаги) и



давлениями жидкой фазы воздуха у менее и более нагретых поверхностей ограждения (наружная и внутренняя) и минимальным барометрическим давлением воздуха у внутренней поверхности.

В результате разработки физико-математической модели устойчивости ограждающей конструкции относительно паровой, капельной, воздушной фаз потоков, обследования аэродинамической устойчивости помещений и ограждающих конструкций представлены результаты исследований по обеспечению работоспособности вентиляционных коммуникаций с учетом тепло- и массообменных характеристик материалов ограждающих конструкций, массодиффузионной устойчивости, аэродинамических параметров и процессов в помещениях, параметров теплоносителей отопительных систем при капитальном ремонте и модернизации жилых домов. Разработана методика определения сопротивления теплопроводности ограждающих. Разработан способ определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций контактными и бесконтактными способами.

По результатам исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 32» (УО «Брестский государственный технический университет», научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И.) проведен комплекс экспериментально-теоретических исследований при проектировании и строительстве металлического купола покрытия Национального олимпийского комитета Республики Беларусь в г. Минске. Разработаны конечно-элементные модели отдельных узлов и структурного купола в целом, исследовано его напряженно-деформированное состояние и экспериментально подтверждено соответствие расчетной модели действительной работе сооружения. Разработана конечно-элементная модель структурного покрытия выставочного центра в г. Минске. Покрытие имеет шесть фрагментов структурных оболочек с размерами в плане  $19,8 \times 86,0$  м. По критерию технической сложности это покрытие относится к уникальным большепролетным сооружениям. Выполнен анализ сооружения в упругой области работы конструкции на проектные нагрузки и воздействия. Проведены исследования большепролетных структурных конструкций системы «БрГТУ» при запроектных воздействиях. Установлено, что в структурных конструкциях системы «БрГТУ» выключение из работы одного или нескольких элементов не вызывает цепной реакции отказов элемен-

тов и полной потере несущей способности сооружения. Проведены исследования структурных конструкций системы «БрГТУ» с учетом физической и геометрической нелинейности работы элементов. Для оценки живучести большепролетных покрытий применены теоретические диаграммы деформирования сооружения в координатах «нагрузка на покрытие – деформации сооружения». Полученные диаграммы деформирования определяют основные критерии живучести: – коэффициент запаса живучести – отношение разрушающей нагрузки на сооружение к проектной; отношение исчерпавших несущую способность стержней к общему количеству стержней конструкции; величина накопленной деформации сооружения в момент теоретического обрушения.

## 2.2. Результаты выполнения заданий программы

**«Строительные материалы и технологии 02»** «Разработка защитных составов с использованием наноструктурных соединений для поверхностной обработки силикатных строительных материалов». Научный руководитель д-р техн. наук Шаповалов В.М. Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого», лаборатория «Материаловедение и технология рециклинга полимерных систем».

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 02» оптимизированы состав и технология получения акрило-силикатной системы для пропитки цементного бетона. Композиция включает, мас. %: ЖС (по сухому остатку) 4,0-18,0; акриловую кислоту 0,3-2,5; олеиновую кислоту 0,1-0,9 и воду – до 100. Изучены процессы структурирования гибридных акрило-силикатных систем в капиллярно-пористой матрице цементного бетона. Анализ ИК-спектров показал, что при формировании геля в пористой структуре бетона в системе образуются цепи с мостиковыми связями Si–O–Si разной длины, новые водородные связи и связи между тетраэдрами  $[\text{SiO}_4]^4$ . Исследованы процессы структурирования компонентов нефтешлама в капиллярно-пористой матрице силикатных материалов в присутствии наноструктурных соединений. Установлено, что наличие в нефтешламе высокодисперсной эмульсии воды, увеличивает время отверждения составов на основе нефтешлама и битума и снижает защитные свойства



покрытий. Для минимизации этих процессов предложено вводить в композицию аморфный кремнезем, который предварительно переводили в органозоль, путем растворения (диспергирования) в растворителях (нефрас, сольвент). Размер коллоидных частиц кремнезема в органосолях составляет 20-40 нм. Это способствует связыванию влаги в период сушки и упрочняет поверхностный слой покрытия. Механизм связывания влаги был объяснен тем, что при контакте наночастиц кремнезема с частицами воды, присутствующей в нефтешламе происходит хемоадсорбция воды на поверхности частиц кремнезема с образованием на их поверхности слоя кремниевой кислоты по схеме  $(\text{SiO}_2)_n + 2n \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow n \cdot \text{Si}(\text{OH})_4$ .

Разработан состав защитной композиции с применением нефтешлама для обработки силикатных строительных материалов с целью их защиты от воздействия атмосферных факторов. Состав композиции, включает, мас. %: битум 45-55, бутилкаучук 5-10, отработанный адсорбент масложирового производства 10-15, нефтешлам 10-15, растворитель до 100. Поскольку одним из важнейших показателей защитных покрытий являются прочность сцепления с основанием, были проведены исследования зависимости адгезии битума к бетону от содержания нефтешлама и отработанного адсорбента.

Результаты испытаний приведены на рисунке.

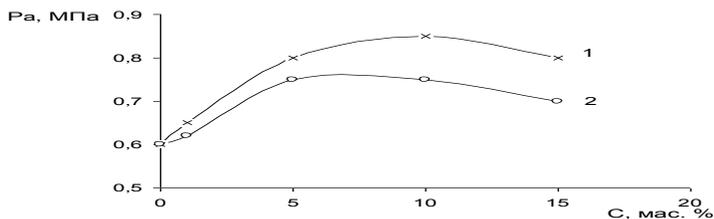


Рисунок 1 – Зависимость адгезии битума к бетону от содержания отработанного адсорбента (1) и нефтешлама (2)

Как следует из приведенных на рисунке 1 данных, введение в битум изучаемых модификаторов значительно повышает его адгезию к бетону, причем при использовании адсорбента этот эффект выражен сильнее. Это можно связать с тем, что при введении в нефтяной битум, жиры и жирные кислоты, содержащиеся в отработанном адсорбенте, играют роль эмульгаторов, обеспечивая гомо-

генность, пластичность и высокую адгезию получаемой композиции, а высокодисперсные минеральные частицы кремнезема и бентонитовой глины являются высококачественным наполнителем, повышающим когезионную прочность материала. Эмульгирующий и пластифицирующий эффект при введении в битум нефтешлама выражен слабее. Проведены лабораторные испытания разработанного состава. На разработанные композиции поданы заявки на получение патентов Республики Беларусь.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Показатели	Свойства
Время отверждения, суток	1,0 – 1,5
Температура размягчения, °С	95 – 98
Прочность сцепления – с металлом, МПа	0,5 – 0,6
с бетоном, МПа	0,5 – 0,7
Жизнеспособность	до 30 суток

Разработанные защитные составы для поверхностной обработки цементных бетонов на основе портландцемента будут использованы для повышения механической прочности и атмосферостойкости бетонных и железобетонных изделий и конструкций в промышленном строительстве. Проведены лабораторные испытания по обработке бетонных изделий разработанными гидроизоляционными покрытиями. Предварительная оценка результатов исследований показала, что покрытие обеспечивает защитный эффект от воздействия атмосферных факторов и не имеют видимых дефектов на поверхности после 6 месяцев эксплуатации.

**«Строительные материалы и технологии 04»** «Разработка научных основ управления структурой продуктов гидросиликатного твердения с целью получения конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона с маркой по плотности D 300 и D 400». Научный руководитель канд. техн. наук Мечай А.А. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

При выполнении задания «Строительные материалы и технологии 04» получен модифицированный ячеистый бетон с улучшенными физико-механическими характеристиками, исследовано влияние добавок, интенсифицирующих гидратационные и кристал-

лизационные процессы при автоклавной обработке, определены прочностные характеристики разработанного материала. Установлено влияние добавок на формирование макро- и микропористой структуры ячеистого бетона. Модифицированный бетон отличается более равномерной макроструктурой с размером пор 0,6–0,8 мм преимущественно овальной и округлой форм с более тонкими (0,15–0,20 мм) и плотными межпоровыми перегородками. Для ячеистого бетона автоклавного твердения морозостойкость является важным нормируемым показателем долговечности. Чередующая кристаллизация льда в порах с последующим оттаиванием приводит к дополнительным внутренним напряжениям. При этом могут возникнуть микро- и макротрещины со снижением прочности и возможным разрушением структуры материала. Макро- и микроструктура ячеистого бетона, которая изменяется при использовании добавок, оказывает значительное влияние на показатели морозостойкости (таблица 2). Для определения морозостойкости были изготовлены образцы-кубы размером 100×100×100 мм в индивидуальных формах. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 31359–2007.

Таблица 2 – Физико-механические свойства ячеистого бетона

Состав	Марка по плотности	Средняя влажность, %	Марка морозостойкости
№1 (образец, модифицированный САФД)	D300	20,0	F15
	D400	19,9	F25
	D500	19,6	F35
№7 (контрольный образец)	D300	24,0	F15
	D400	23,7	F15
	D500	23,3	F25

Повышенная морозостойкость модифицированных составов ячеистого бетона согласуется с результатами предыдущих исследований, которые подтверждают повышенное содержание хорошо кристаллизованного ксонотлита и  $\alpha$ -гидрата двухкальциевого силиката в составе продуктов гидросиликатного твердения по сравнению с контрольным образцом. Оптимальная микро- и макроструктура – обуславливает их пониженную влажность после автоклавной обработки, значение которой контрольных образцов с марками по плотности D 300–D 400 составляет 23–24 %, образцов, мо-

диффицированных САФД – 19–20 %. Определение гигроскопичности проводилось согласно ГОСТ 12852.6–77. При среднегодовой относительной влажности воздуха (79%) сорбционная влажность бетона, модифицированного САФД (состав № 1) – 5,8 %, контрольного образца (состав № 7) – 7%. Коэффициент теплопроводности определялся в соответствии с СТБ 1618-2006 в условиях стационарного теплового режима. Снижение коэффициента теплопроводности для модифицированного бетона составило 10–30 % для марки по плотности D300, 10–20 % – для марки D400, 10–30 % – для марки D500 в зависимости от его состава. В ячеисто-бетонных изделиях в процессе эксплуатации наблюдаются усадочные деформации, которые могут вызывать различные негативные явления. Усадка бетона при высыхании определялась по СТБ 1570–2005 на образцах размером 40×40×140 мм при изменении их влажности с 35 до 5 мас. %. Усадка модифицированных образцов снизилась по сравнению с контрольным на 8–10 % и составила для образца, модифицированного САФД 0,34 мм/м. Снижение влажностной усадки по сравнению с контрольным образцом вызвано тем, что цементирующее вещество модифицированного бетона представлено в основном хорошо закристаллизованными алюминий- и железо-замещенными гидросиликатами кальция различной основности, а также этtringитоподобными соединениями. Одним из факторов долговечности бетона является сохранение качественных характеристик продуктов гидросиликатного твердения в условиях воздействия различных видов химической коррозии. Способность противостоять большинству видов агрессивных сред определяется составом и структурой гидросиликатов кальция. Кроме установленного факта повышенной склонности к кристаллизации и положительного влияния указанных соединений на прочность структуры бетона предполагалась их большая устойчивость к воздействию различных агрессивных сред. Для подтверждения данной гипотезы был проведен опыт по выщелачиванию измельченной навески бетона на основе составов №1, №2 (образец, модифицированный РСАМ) и №7 с различной дозировкой добавок САФД и РСАМ. Навеску образца массой 5 г помещали в коническую колбу объемом 250 мл, добавляли 150 мл дистиллированной воды, закрывали часовым стеклом и нагревали 5–7 мин. до температуры кипения. Раствор охлаждали до температуры 20–30 °С, добавляли 2–3 капли раствора фенолфталеина и титровали 1 н раство-

ром соляной кислоты до полного обесцвечивания. Далее проводили расчет величины экстрагированного из бетона  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Аналогичный эксперимент проводили при нагревании раствора до  $50^\circ\text{C}$ , а также при комнатной температуре ( $20^\circ\text{C}$ ).

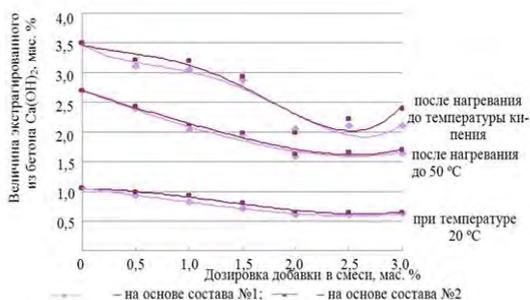


Рисунок 2 – Зависимость величины экстрагированного из бетона  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  от дозировки добавок

Как видно из зависимостей, при содержании добавок 1,5–3,0 мас. % достигается минимальное значение величины экстрагированного из бетона  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Точка на графике с дозировкой добавок 0 мас. % соответствует составу контрольного образца (№ 7). Полученные данные коррелируют с установленными зависимостями физико-механических свойств от состава и структуры материала межпоровых перегородок. Таким образом, результаты эксперимента позволяют предположительно судить о большей долговечности модифицированного бетона вследствие меньшей склонности к гидролизу алюминий- и железозамещенных гидросиликатов кальция в его структуре. На основании полученных результатов можно утверждать, что целенаправленное воздействие на состав и структуру продуктов автоклавного твердения ячеистого бетона позволило существенно улучшить его физико-механические, теплофизические и другие свойства.

**«Строительные материалы и технологии 05»** «Разработка составов и технологии получения керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен с использованием природного минерального сырья и техногенных отходов».

Научный руководитель д-р техн. наук Левицкий И.А. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра технологии стекла и керамики.

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 05» проведены исследования по повышению прочности образцов керамических плиток для внутренней облицовки стен на стадиях формования, сушки и обжига путем введения армирующих структуру добавок волластонита и стекловолокна. Установлено, что наиболее эффективным является введение в состав массы рубленого стекловолокна марки ЕС-13-12-4с (производитель ОАО «Полоцк-Стекловолокно») в количестве 0,5–1,0 мас. %, что повышает механическую прочность при изгибе полуфабриката после формования на 33,5–35 %, после сушки на 46–48 % по сравнению с производственными образцами. Особенностью структуры отформованного образца керамической плитки является равномерное распределение волокон длиной 50–80 мкм по объему полуфабриката в различных направлениях и его упрочнение путем микроармирования.

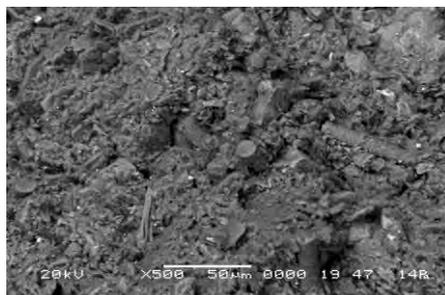


Рисунок 3 – Электронно-микроскопическое изображение поверхности скола отформованного образца с содержанием стекловолокна в количестве 1 мас. %

Оценка эффективности введения добавок проведена по показателям механической прочности при изгибе на разных стадиях технологического процесса, главным образом, после формования и сушки, показано на рисунке 4.

При введении стекловолокна в количестве 0,5–1,5 мас.% механическая прочность при изгибе отформованных образцов достигает

0,82–0,86 МПа. Эти показатели у образцов, содержащих волластонит, несколько меньше и составляют 0,68–0,75 МПа.

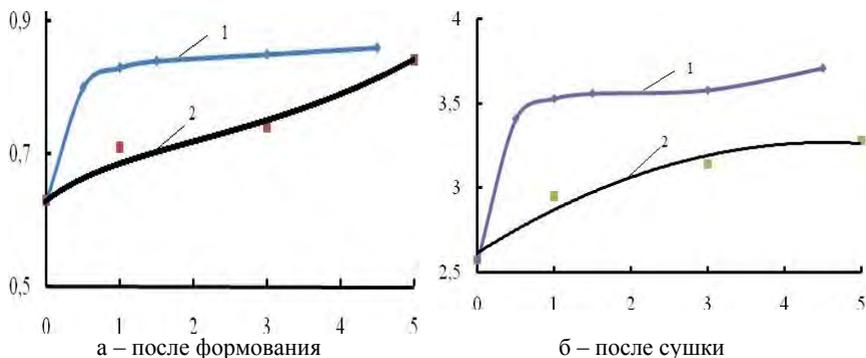


Рисунок 4 – Механическая прочность при изгибе образцов полуфабриката керамической плитки при введении стекловолокна (1) и волластонита (2)

Значения механической прочности при изгибе высушенных образцов, содержащих стекловолокно в количестве 0,5–1,5 мас. %, составляют 3,45–3,52 МПа, а содержащих 1–5 мас. % волластонита – 2,98–3,25 МПа.

Динамика изменения водопоглощения, определенная для обожженных образцов с добавкой стекловолокна, позволила установить, что его показатели соответствуют техническим требованиям нормативной документации и составляют 15,3–14,2 %. Показатели усадки для образцов указанных выше составов находятся в пределах 0,93–0,95 %.

Поскольку неперменной сопутствующей породой базальтов, рекомендованных для использования в качестве компонента сырьевой композиции керамических масс, являются вулканические туфы, исследована и подтверждена возможность получения керамических плиток с повышенной механической прочностью при одновременном введении базальта и вулканического туфа в соотношении, близком к природному. Изучено влияние туфа, вводимого в различных количествах вместо базальта вплоть до его полной замены в пределах массового соотношения «туф/базальт» от 1:5 до 5:1 с шагом 2,5 мас. % на показатели физико-химических свойств образцов плиток. Установлено, что целесообразным является введение туфа до соотношения, составляющего 1:1, поскольку при большем его содержании отмечается

уменьшение водопоглощения до 8,2–8,3 % и увеличение усадки до 3,0–3,1 % при продолжающемся росте показателей механической прочности при изгибе. При условии добычи базальтов Республики Беларусь возможно их совместное использование с сопутствующими вулканическими туфами в установленных соотношениях без ущерба для формирования структуры керамической плитки внутренней облицовки стен и обеспечения требуемых физико-химических свойств продукции.

Испытания, проведенные в производственных условиях ОАО «Березастройматериалы», показали, что керамическая масса с добавкой 0,5–1,0 мас. % стекловолкна позволяет получать плитки уменьшенной толщины с повышенными показателями механической прочности при изгибе после формования до 0,8–0,9 МПа, после сушки 3,4–3,5 МПа и после обжига 37,5–38,0 МПа. Водопоглощение указанных выше образцов составляет 13,2–13,4 %, усадка – 0,8–0,9 %. Готовые изделия характеризуются отсутствием дефектов на поверхности.

Разработанные научные основы структурно-управляемого синтеза керамических плиток и технологических параметров их получения обеспечивают возможность снижения материалоемкости изделий путем уменьшения их толщины до 6,0–6,5 мм при сохранении комплекса требуемых физико-химических свойств. Эффективность применения рубленого стекловолкна подтверждается невысокой стоимостью (8000 руб. за 1кг) и его использование в сырьевой композиции для керамических плиток уменьшенной толщины при существующем объеме производства плиток для внутренней облицовки стен на ОАО «Березастройматериалы» не вызовет ощутимого повышения их себестоимости.

**«Строительные материалы и технологии 06»** «Исследование влияния поверхностно-активных веществ и электролитов на реологические и физико-химические свойства керамических масс с целью создания энергосберегающих технологий» Научный руководитель д-р техн. наук Пищ И.В. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра технологии стекла и керамики.

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 06» изучено влияние различных дефлокулянтов на

реологические свойства плиточных керамических масс, используемых на ОАО «Керамин» и ОАО «Березастройматериалы». Установлены оптимальные концентрации для разжижения шликеров индивидуальных и комплексных составов электролитов: жидкое стекло, фосфонат, полиакрилат натрия, что позволит снизить влажность шликера на 2–3% и, тем самым, уменьшить расход природного газа и электроэнергии при термообработке шликеров.

Установлено, что добавка неорганических электролитов только  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  в количестве 0,1–0,8 % хотя и повышает текучесть шликера, но с течением времени происходит коагуляция, что отрицательно влияет на транспортировку, термическое обезвоживание. Фосфонат, полиакрилат натрия, обладая большой поверхностной активностью по отношению к воде, наличием полярных и неполярных функциональных групп, связывают ионы кальция, высвобождая водные оболочки глинистых материалов, уменьшают вязкость шликера при сохранении текучести шликера.

На рис. 5 и 6 приведены зависимости вязкости и коэффициента загустевания от содержания фосфоната натрия, триполифосфата и полиакрилата натрия.

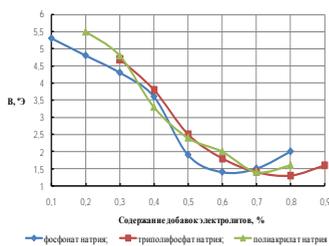


Рисунок 5 – Зависимость вязкости керамического шликера от содержания добавок электролитов

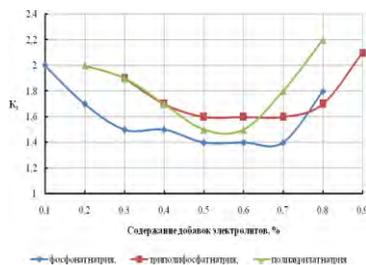


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента загустевания керамического шликера от содержания добавок электролитов

При введении добавок индивидуальных электролитов 0,3–0,8% наблюдается снижение влажности и коэффициента загустеваемости. Более высокая концентрация вызывает гидрофильную коагуляцию и повышение вязкости. При введении комплекса электролитов

установлены следующие оптимальные соотношения их и реологические свойства шликеров (таблица 3).

Таблица 3 – Значения реологических свойств шликера при введении добавок электролитов

Наименование и содержание добавок электролитов, мас. %			Вязкость, °Э	Коэффициент загустеваемости	Электрокинетический потенциал, мВ	Водородный показатель
Жидкое стекло	Полиакрилат натрия	Фосфонат натрия				
,3	–	0,04	5,7	2,18	43,5	8,0
0,3	–	0,08	5,5	2,1		8,0
0,3	–	0,12	5,1	2,0		8,1
0,4	–	0,04	4,5	2,5		8,2
0,4	–	0,06	3,6	2,4		8,3
0,4	–	0,08	2,2	2,4		8,3
0,4	0,05	0,05	1,8	1,72		8,4
0,4	0,05	0,07	1,8	1,8		8,5

Как видно из таблицы, в зависимости от соотношения электролитов вязкость снижается до 1,8°Э, коэффициент загустевания 1,7–1,8, электрокинетический потенциал 43,5 мВ при влажности шликера 33–33,5 %.

**«Строительные материалы и технологии 07»** «Разработка физико-химических основ малоэнергоемких процессов производства модифицированных минеральных вяжущих, обеспечивающих повышенные эксплуатационные свойства строительным материалам». Научный руководитель д-р техн. наук Кузьменков М.И. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра химической технологии вяжущих материалов.

По заданию «Строительные материалы и технологии 07» – изучены основные свойства доломитовой извести, полученной методом термического удара, а также изучение сырьевой базы выявили целесообразность вовлечения в производство извести доломитового сырья. Его привлекательность для известковой промышленности обусловлена наличием в стране значительных запасов доломита, а также возможностью повышения энергетической эффективности производства доломитовой извести. Невысокая карьерная влажность данного сырья (6-8 %) и меньшая потребность в расходе тепла

на декарбонизацию предопределяют возможность снижения энергоемкости производства доломитовой извести.

Наибольший интерес среди предлагаемых способов получения доломитовой извести вызывает применение скоростных режимов обжига. При этом температура процесса термообработки должна поддерживаться на уровне необходимой для разложения карбоната кальция, а продолжительность нахождения частиц сырья в зоне максимальных температур должна быть по возможности минимальной. Кроме того, при выборе обжиговой установки необходимо учитывать основные принципы интенсификации процессов тепло- и массообмена: использование тонкодисперсного сырья и обеспечение высоких относительных скоростей движения теплоносителя и материала.

По заданию программы разработан оптимальный температурно-временной режим обжига доломита на доломитовую известь: температура обжига. Проведено исследование свойств модифицированной доломитовой извести. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико–химические показатели доломитовой извести

Наименование показателя	Значение показателя
Содержание CaO+MgO <sub>акт.</sub> %	67–76
Сорт	2, 3
CO <sub>2</sub> , %	5,0–9,5
H <sub>2</sub> O <sub>гидр.</sub> %	0,3–0,4
Температура гашения, °С	59–65
Время гашения, мин	2,5–5
Равномерность изменения объема	выдерж.
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	2600–2900

Установлено, что кратковременная изотермическая выдержка при температуре обжига позволяет в определенных пределах регулировать реакционную способность доломитовой извести без возникновения негативных последствий, связанных с образованием периклаза. Данный прием предполагается выделить в отдельную технологическую стадию при производстве порошковой извести в скоростном обжиге агрегате. Получение высококачественной

мягкообожженной доломитовой извести целесообразно осуществлять в газодинамическом потоке горячего теплоносителя.

Таким образом, учитывая специфику имеющейся сырьевой базы Республике Беларусь, доломитовая известь может составить достойную конкуренцию кальциевой извести. Производство извести из доломита потребует оценочно на 30–40 % меньше затрат топливно–энергетических ресурсов по сравнению с обжигом влажного липкого мела.

Проведена апробация полученной доломитовой извести в технологии производства автоклавных силикатных материалов. Показано, что по физико–механическим характеристикам и внешнему виду образцы ячеистого бетона, полученные с использованием доломитовой извести скоростного обжига, не уступали аналогичным показателям ячеистого бетона на кальциевой извести (таблица 5). Применение такой извести обеспечит снижение стоимости строительных материалов примерно на 10 %.

Таблица 5 – Физико-механические свойства ячеистого бетона на основе доломитовой извести

Наименование показателя	Значение показателя
Средняя плотность (марка по плотности), кг/м <sup>3</sup>	515–520 (D 500)
Прочность на сжатие (класс по прочности), МПа	2,4–2,8 (B 2,0)
Морозостойкость	F 35
Отпускная влажность, %	21,3–25,4

**«Строительные материалы и технологии 08»** «Комплексное исследование каолинов Республики Беларусь, обоснование методов обогащения, разработка составов и технологии получения на их основе керамических строительных и огнеупорных материалов и изделий». Научный руководитель канд. техн. наук Дятлова Е.М. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра «Технология стекла и керамики».

В ходе выполнения задания «Строительные материалы и технологии 08» исследованы сырьевые композиции, содержащие в качестве основного компонента природный каолин «Ситница» в сочетании с легкоплавкими и тугоплавкими глинами Республики Беларусь и различными отощающими материалами для получения

керамического кирпича. Изучены технологические характеристики масс и физико-химические свойства стеновой керамики, установлены закономерности формирования ее структуры во взаимосвязи с различными факторами. Определены возможности использования отходов мокрого обогащения каолинов (каолиновые пески) в качестве отощителя для производства стеновой керамики. На основании полученных экспериментальных данных проведена оптимизация составов и технологических параметров получения материалов строительного назначения. Установлено, использование каолина месторождения «Ситница» от 20 % до 40 % в составах композиций с легкоплавкими глинами для производства керамического кирпича улучшает степень спекания материала и повышает его прочностные характеристики: прочность при сжатии до 26 МПа, при изгибе 10–11 МПа, при этом кажущаяся плотность составляет 2000–2100 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение 8–11 %, открытая пористость 18–20 %, температурный коэффициент линейного  $(4,33–6,55) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  (при температуре обжига образцов 1050 °С). В случае использования природного каолина в составах керамических масс, включающих тугоплавкую глину, можно получить керамику с более высокими термомеханическими показателями свойств. Образцы, синтезированные в интервале температур 1050–1150 °С, характеризуются следующими показателями свойств: прочность при сжатии – 35–50 МПа, при изгибе – 13–18 МПа, кажущаяся плотность – 1720–1900 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение – 13–20 %, открытая пористость – 25–34 %, температурный коэффициент линейного расширения образцов находится в пределах  $3,691 \cdot 10^{-6} – 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

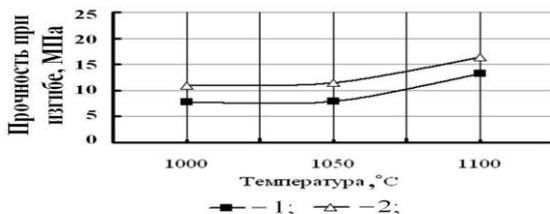


Рисунок 7 – Прочность при изгибе плиток для облицовки стен, синтезированных при различных температурах с природными каолинами: 1– «Дедовка»; 2 – «Ситница»

Исследование фазового состава образцов свидетельствует о том, что основными кристаллическими фазами являются кварц, муллит, кристобалит. Указанные материалы характеризуется относительно малыми значениями ТКЛР, обеспечивая тем самым достаточно высокую термостойкость. Исследование термостойкости образцов экспериментальных составов показали, что они выдерживают до 40 теплосмен (нагрев 900 °С – вода) без нарушения сплошности, что предполагает использование материала в качестве конструкционного для строительства низкотемпературных тепловых агрегатов (топок котельных, сушилок, бытовых печей, каминов и т.п.).

Получены материалы, соответствующие по основным показателям ГОСТ 530–2007 и СТБ 1160–99, выдерживающие 75 циклов «замораживания-оттаивания».

Исследована возможность применения природных и обогащенных каолинов месторождения «Дедовка» и «Ситница» для получения керамических плиток для внутренней облицовки.

Поскольку отечественные природные каолины являются сильно-запесоченными сырьевыми материалами, осуществлялась поэтапная замена глинистого сырья (глины ДНПК-1 и каолина Глуховецкого) с постепенным выведением из составов экспериментальных масс кварцевого песка. Содержание природных каолинов колебалось в пределах 15–45 %. Образцы обжигались в интервале температур 1000–1100 °С. Установлена закономерность изменения свойств образцов плиток в зависимости от состава и температуры обжига. Увеличение содержания природного каолина в составах экспериментальных композиций выше 25 % (при снижении количества глины ДНПК-1) замедляют процессы спекания, что объясняется избыточным содержанием свободного кварца, вводимого в составы с этим сырьем. Прочностные характеристики керамики (прочность при изгибе) при температуре обжига 1100 °С в указанном концентрационном интервале изменяются незначительно и находятся в пределах 15–27 МПа. При этом значения ТКЛР керамики повышаются приблизительно на  $1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , что может быть вызвано в первую очередь изменением ее фазового состава за счет содержания избыточного количества непрореагировавшего кварца, вводимого совместно с каолином.

В связи с этим требуется корректировка количества вводимого кварцевого песка для формирования заданного фазового состава,

обеспечивающего требуемые значения ТКЛР. На основании оптимизации составов получены образцы плиток с ТКЛР  $(5,1-6,2) \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$ , близким к ТКЛР заводского состава –  $5,3 \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$ , что делает возможным применение производственных глазурей для покрытия плиток.

Использование обогащенного каолина «Ситница» в керамических массах для плиток интенсифицирует процессы спекания материала, по сравнению с природным его аналогом, что обусловлено удалением при обогащении кварцсодержащих примесей.

Проведены работы по использованию природных каолинов в составах масс для производства керамических плиток для полов. Были проведены лабораторные испытания разработанных керамических масс в ГП «Институт НИИСМ» и выпущена опытная партия керамических плиток на ОАО «Керамин». Установлено, что керамические плитки, обожженные при температуре  $1160 \text{ }^\circ\text{C}$ , соответствуют ГОСТ 6787–2001 по значениям водопоглощения (3,3 %) и прочности при изгибе (34,7 МПа). После обжига при  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  разработанные материалы применимы при получении плиток типа «грес» с водопоглощением 0,5 %.

В результате проведенных исследований установлены оптимальные составы, включающих природные и обогащенные каолины Республики Беларусь, отходы их обогащения, а также условия синтеза, обеспечивающие получение керамических материалов строительного назначения с заданными физико-техническими характеристиками.

Целесообразность такого использования каолинов обусловлено удовлетворительными эксплуатационными характеристиками керамических изделий на основе разработанных составов при снижении их себестоимости, расширением сырьевой базы керамической отрасли, уменьшением импорта каолинового и огнеупорного глинистого сырья.

**«Строительные материалы и технологии 09»** «Разработка теоретических основ и проведение экспериментальных исследований по созданию новых экологически безопасных пористых силикатных строительных материалов, обеспечивающих энергосбережение в зданиях и сооружениях и их эксплуатационную надежность».

Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Гайшун В.Е. Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины», проблемная научно-исследовательская лаборатория перспективных материалов.

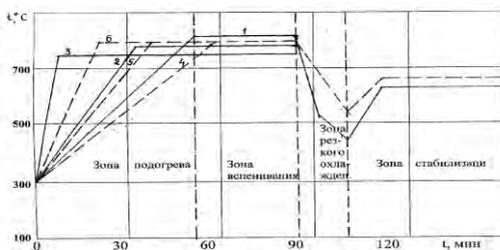
В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 09» – проведен обзор литературы по распространенности кремнистых полезных ископаемых общего распространения. Показано, что база их запасов в мире велика. По некоторым данным мировые запасы только диатомитов оцениваются в 1 миллиард тонн. Самые большие месторождения диатомита находятся в России, его разведанные залежи в этой стране составляют 350 млн. т. Большие запасы кремнистых полезных ископаемых имеются и в Беларуси: в Могилевской области выявлено шесть месторождений кремнистых полезных ископаемых с суммарными запасами 70 млн.т. Наиболее крупным среди них является месторождение трепела Стальное, расположенное близ Хотимска.

Уникальные физические и химические свойства кремнистых пород, из которых главными являются их высокая пористость, малая объемная масса, значительная термостойкость, наличие "активного" кремнезема и химическая стойкость по отношению к кислотам, делают кремнистые породы сырьем многоцелевого назначения, обуславливают возможности их широкого использования, в том числе при разработке и производстве строительных теплоизоляционных материалов.

В связи с тем, что на территории нашей страны имеются большие запасы природного микрокремнезема (трепела), а его использование по сравнению с его запасами весьма скромное, была изучена возможность создания теплоизоляционных материалов на его основе. В процессе выполнения работы выявлено, что трепел Хотимского месторождения фракции  $\leq 0,1$  мм по своей активности соответствует активности аэросила технического (искусственного микрокремнезема), и его можно применять как сырье для получения теплоизоляционного материала. В процессе выполнения работы определен состав для создания зернистого теплоизоляционного материала методом вспучивания, основными компонентами в котором являются природный микрокремнезем (трепел Хотимского месторождения) и жидкое стекло. Получены образцы теплоизоляционных материалов в виде плиток размером 100 × 100 × 25 мм и гранул

диаметром 10 – 12 мм. Полученные материалы имеют плотность от 0,2 до 0,4 г/см<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности от 0,08 до 0,12 Вт/м °С.

Изучено влияния температурного механизма вспенивания пеностекла на его свойства, при этом исследованы температурные поля туннельных печей различного типа.



1-3 для пеностекла на основе стекла 2Н и антрацита; 4-6 – на основе ВС-24 и газовой сажи  
Рисунок 8 – Температурные кривые туннельной печи

Для повышения качества разрабатываемых пеностеклокерамических и пеносиликатных материалов (их плотности, теплопроводности, механической прочности и др.) необходимо для изучения кинетики вспенивания шихты использовать установку позволяющую изменять температурный и газовый режимы в зависимости от условий эксперимента и оптимизировать режимы изготовления пористых силикатных материалов на основе микрокремнеземов.

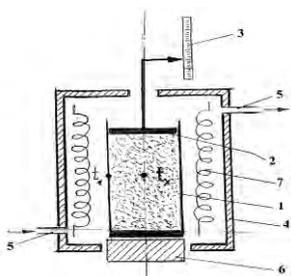


Рисунок 9 – Схема установки для изучения процесса вспенивания

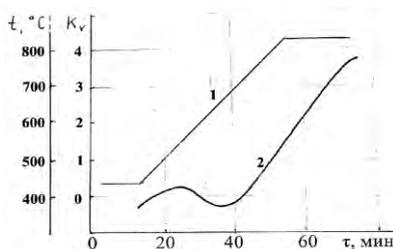


Рисунок 10 – Кинетика процесса вспенивания пеностекла

Кинетика процесса вспенивания пеностекла (изменение объема) (крива 2) в процессе термообработки (кривая 1) шихты.

**«Строительные материалы и технологии 10»** «Разработка теории и методов многочастотного микроволнового контроля влагосодержания строительных растворов и смесей в процессе производства и транспортировки для обеспечения их высоких потребительских и эксплуатационных свойств». Научный руководитель канд. техн. наук Курило Н.И. Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 10» – разработаны основные принципы физической реализации метода многочастотного микроволнового контроля влагосодержания жидких строительных смесей на основе нового одностороннего датчика влажности резонаторного типа. Совершенствование современных систем управления технологическими процессами выдвигает повышенные требования к одному из ключевых элементов таких систем – датчику физических параметров тестируемых материалов. С точки зрения уменьшения материалоемкости и технологической гибкости применения оптимальными являются односторонние электромагнитные датчики, т. е. такие измерительные системы, все элементы которых располагаются по одну сторону от тестируемого объекта. Второе требование к датчикам – снижение потерь электромагнитной энергии на излучение в окружающее пространство. При этом желательно, чтобы достигалась высокая точность измерения, сравнимая с точностью, достижимой датчиками на основе закрытых объемных резонаторов. В данной работе предлагается и обосновывается идея компактного микроволнового датчика резонаторного типа, удовлетворяющего всем трем указанным требованиям.

Новый датчик не должен содержать щелевых элементов, через которые электромагнитная энергия может эффективно вытекать в окружающее пространство; поле должно затухать при удалении от датчика. Однако внутри самого резонатора поле может возбуждаться только как распространяющееся, в виде бегущих мод, а не как затухающее. Выход из этого противоречия состоит в том, чтобы заполнить внутренность резонатора диэлектриком с высокой ди-

электрической проницаемостью, на поверхности которого поле резонаторных мод испытывало бы полное внутреннее отражение. При этом необходимо, чтобы возбуждаемые внутри диэлектрического резонатора моды свободных колебаний экспоненциально затухали в воздухе и, по возможности, внутри тестируемого диэлектрического материала. Если поместить данный материал вблизи такого резонатора, то затухающее поле будет проникать в него и отражаться от его поверхности, в результате параметры резонансного поля в целом будут меняться, как меняются они в обычных датчиках резонаторного типа. Можно подобрать параметры резонатора таким образом, чтобы на расстояниях порядка нескольких сантиметров затухание не было слишком сильным. Тогда воздействие тестируемого материала на параметры резонаторного поля окажется достаточно эффективным, чтобы достигать высокой точности измерения. Поскольку поле оказывается затухающим во всех направлениях от резонатора, то не нужны никакие дополнительные возвращающие или отражающие элементы, которые препятствовали бы утеканию электромагнитной энергии в окружающее пространство. Если при этом резонатор служит не только генератором поля, но и чувствительным сенсором его параметров, то такой резонатор может использоваться как односторонний датчик физических параметров диэлектрических материалов.

В качестве возможного варианта реализации одностороннего датчика предлагается диск, изготовленный из прозрачного материала с высокой диэлектрической проницаемостью, покрытый тонкой проводящей оболочкой со стороны цилиндрической поверхности и с одной из плоских сторон. Другая плоская сторона диска является рабочей и служит для излучения и приема электромагнитных колебаний в окружающее пространство. Со стороны боковой цилиндрической поверхности диска в нем прорезаны радиальные отверстия, куда вставляются штыри, служащие для возбуждения резонансных колебаний и регистрации параметров поля. Если поднести к плоской рабочей стороне тестируемый диэлектрический материал, то параметры резонансного поля изменятся в соответствии с величиной диэлектрической проницаемости данного материала и его потерь. Основная проблема измерения концентрации вообще и влагометрии в частности состоит в том, что, помимо концентрации, на величину результирующей диэлектрической проницаемости мате-

риала влияют и другие физические параметры, а именно плотность тестируемого диэлектрика. А для одностороннего датчика добавляется еще один параметр: расстояние до тестируемого диэлектрика. Для двухсторонних датчиков резонаторного типа расстояние не влияет существенно на результаты диэлектрических измерений, потому что набег фазы поля из-за смещения диэлектрика в одном направлении частично компенсируется набегом в противоположном направлении. Но для одностороннего датчика такая компенсация не имеет места. Чтобы преодолеть указанные трудности, предлагается использовать не одну, а сразу две резонансные моды, измеряя их резонансные частоты и добротности. Располагая четырьмя измеренными параметрами и соответствующими результатами калибровки, можно решить уравнения относительно неизвестных параметров тестируемого диэлектрика: искомой концентрации нужной компоненты, плотности и величины смещения диэлектрика от резонатора.

Предлагаемая методика апробировалась методом теоретического моделирования на примере задачи определения влагосодержания бумажных материалов с известными значениями влажности, плотности и комплексной диэлектрической проницаемости. Установлено, что односторонний датчик резонаторного типа позволяет определять концентрацию влаги с абсолютной погрешностью менее 0,01 %, а плотности с относительной погрешностью менее 0,01 в широком диапазоне изменения влагосодержания бумаги от 4 до 16 % и лишь при 2 %-й влажности и менее эта погрешность возрастает до 0,2 и 0,04 % соответственно. Впечатляющий результат получается для смещения, относительная погрешность для которого оказывается менее 0,001. Следует, что диэлектрический резонатор может служить также в качестве высокочувствительного датчика смещения поглощающих диэлектрических материалов, измеряя эту величину с точностью до десятка микрон и выше. В качестве калибровочных данных при моделировании использовались точные теоретические результаты, следует предполагать, что в реальных ситуациях точность измерения влажности, плотности и смещения будет определяться точностью калибровки. Результаты моделирования показывают, полуоткрытый диэлектрический резонатор может служить эффективным односторонним датчиком физических параметров диэлектрических материалов: помимо высокой точно-

сти измерения сразу нескольких таких параметров тестируемого диэлектрика (концентрация компонент, плотность, смещение) он характеризуется малыми потерями на излучение.

**«Строительные материалы и технологии 11»** «Разработка методов получения силикатсодержащих и глинистых вспученных теплоизоляционных материалов на основе природного и техногенного сырья». Научный руководитель канд. хим. наук Щукин Г.Л. Белорусский государственный университет, кафедра неорганической химии.

В рамках задания «Строительные материалы и технологии 11» установлено, что главной движущей силой процесса термического вспучивания силикатных систем является увеличение давления паров воды в объеме материала. Процесс его поризации определяется количеством и видом влаги, находящейся в системе, изменением химического состава и свойств силикатной массы при переходе ее из пиропластического в твердое состояние, а также изменением проницаемости поверхностной пленочной структуры при нагревании. При формировании пористой структуры немодифицированного и модифицированного силиката натрия с максимальной однородностью пор в объеме вспученного материала наибольший вклад вносит связанная конструкционная вода, которая начинает удаляться из объема силикатной массы при температуре 180–250 °С. Интенсивное удаление избытка свободной и адсорбированной влаги на начальной стадии приводит в основном к образованию крупных, сквозных пор и раковин.

Кроме того установлено, что термическое вспучивание силикатных сырьевых смесей при температурах 200–400 °С осложняется неравномерностью распределения по объему изделия тепла, обеспечивающего порообразование. Последнее приводит к значительному внутреннему напряжению и, как вследствие, к появлению объемных трещин.

В литературе широко обсуждается способ получения вспученной силикатной массы при комнатной температуре с помощью пенообразователя органического происхождения и алюминиевой пудры.

Реализация процесса вспучивания силикатной массы органическим порообразователем осложняется трудностью удаления из системы твердеющей пористой структуры избытка воды, которая вы-

зывает осадку пористой структуры. При сушке пористого изделия наблюдается его сильная усадка и коробление. Главным недостатком этой технологии является то, что она обеспечивает получение пористой структуры с малой водостойкостью, отжиг которой требует значительных энергетических затрат.

Наиболее приемлемой для разработки технологии практической реализации процесса получения теплоизоляционных силикатных материалов является способ вспучивания жидкостекольной сырьевой смеси алюминиевой пудрой. Суть этой доступной технологии состоит в том, что в состав сырьевой смеси входит жидкое стекло, наполнитель, цемент, алюминиевая пудра, гидроксид натрия и вода. При смешивании этих компонентов алюминиевая пудра взаимодействует со щелочью с выделением водорода, который вспучивает силикатную массу, и теплоту, обеспечивающую достаточно быструю стабилизацию пористой структуры. Этот способ позволяет получать материалы с плотностью 300–400 кг/м<sup>3</sup> и теплоизоляцией до 0,1 Вт/м·с. Время достижения манипуляционной прочности составляет 20–70 мм/мин, а через месяц 0,5 МПа.

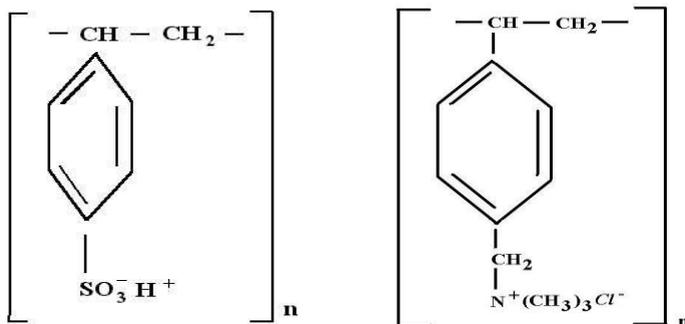
**«Строительные материалы и технологии 12»** «Разработка научных основ ресурсосберегающей технологии производства отделочных строительных материалов с использованием неорганических отходов станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей». Научный руководитель д-р техн. наук Ковчур С.Г. Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет», кафедра охраны труда и промэкологии.

В ходе выполнения задания «Строительные материалы и технологии 12» подобран оптимальный состав коагулянтов и флокулянтов при водоподготовке на теплоэлектроцентралях; установлено, что полимерные флокулянты обладают существенными преимуществами по сравнению с неорганическими флокулянтами: полиэлектролиты увеличивают скорость разделения жидкой и твёрдой фазы, минимизируют объём образующегося осадка, сокращают расходы на обработку и удаление осадка. Новый состав коагулянтов и флокулянтов позволяет повысить качество очистки промышленной воды при водоподготовке на теплоэлектроцентралях и на 10–15 % увеличить количество железосодержащих отходов, используемых

для изготовления высококачественных отделочных строительных материалов.

Выбор водорастворимого полиэлектролита в качестве эффективного флокулянта позволяет получить большое количество отходов, образующихся при водоподготовке на теплоэлектроцентралях. Во многих случаях химводоподготовку на ТЭЦ проводят с использованием наиболее дешёвых компонентов: коагулянта (железный купорос) и осадителя (гашёная известь). Известь в качестве нейтрализующего агента применяется довольно широко, однако до сих пор нет соответствующих нормативов, регламентирующих её состав и свойства как осадителя, что приводит в случае применения обычной строительной извести к большому её перерасходу и отражается на фазовом составе шлама.

В качестве флокулянтов использовались следующие полиэлектролиты: полистиролсульфокислота (HP) и её соли и хлорид поливинилбензилтриметиламмония (CIP).



Полистиролсульфокислота получена сульфированием полистирола с молярными массами 120 000 и 200 000. Степень сульфирования составила практически 100 %. Очистка HP осуществлялась с помощью диализа через целлофановую полупроницаемую мембрану. Соли щелочных и щелочноземельных металлов получены обработкой кислоты до  $\text{pH} = 7$ . Ионы водорода анализировались алкаметрически, ионы кальция – с помощью комплексонометрического титрования с индикатором эриохром чёрный. Полиэлектролит CIP получен хлорметилированием полистирола монохлорметиловым эфиром и аминированием водным раствором триметиламина. Сте-

пень аминирования составила 0,97. Молярные массы полистирола: 120 000 и 200 000. Очистка растворов *CIP* осуществлялась так же, как и НР. Ионы *Cl* анализировались меркуриметрически. Концентрирование растворов полиэлектролитов проводилось их упариванием при 50 °С.

В настоящей работе изучено влияние концентрации водорастворимых полиэлектролитов: полистиролсульфоната натрия NaP и хлорида поливинилбензилтриметиламмония CIP в интервале концентраций: 0,01 % – 2 % (проценты весовые, в расчёте на сухое вещество) на качество очистки промышленной воды Витебской ТЭЦ. Оптимальные концентрации CIP и NaP составили 0,25 % (в расчёте на сухое вещество),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$  – 1 %.

Степень осветления воды при использовании хлорида поливинилбензилтриметиламмония выше, чем у полистиролсульфоната натрия по следующим причинам:

- поликатионит является монофункциональным и имеет основной характер;
- хлорид поливинилбензилтриметиламмония способен диссоциировать в широком интервале рН среды;
- катионные водорастворимые полиэлектролиты обладают большой обменной емкостью и вязкостью, что обусловлено наличием хлорметильных групп;
- промышленные сточные воды в основном содержат отрицательно заряженные частицы.

При оптимальной концентрации поликатионита образуются крупные хлопья, которые быстро выпадают в осадок. Образование хлопьев вызвано адсорбцией макромолекул полиэлектролита на разных частицах загрязнений. Установлено, что оптимальное время отстаивания (после перемешивания) промышленной воды ТЭЦ, содержащей 0,25 % CIP, составляет 2 часа. Для сравнения: величина оптической плотности промышленной воды, содержащей 0,3 % сульфата алюминия и 0,1 % полиакриамида, через 1 час после отстаивания уменьшилась на 10 %, а через 3 часа – на 25 %. Добавление сильного электролита подавляет диссоциацию полиэлектролита, что приводит к уменьшению объёма полимерных молекул и снижению коагулирующей способности CIP. Поэтому смесь низкомолекулярного электролита и полиэлектролита не всегда достаточно эффек-

тивна. Необходимо в каждом случае определять оптимальную концентрацию.

**«Строительные материалы и технологии 13»** «Разработка антикоррозионной композиции и способа ее получения для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб». Научный руководитель д-р хим. наук Матвейко Н.П. Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет», кафедра физикохимии материалов.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 13» получено, что наиболее высокими коррозионно-защитными свойствами и укывистостью обрабатываемых поверхностей металлических образцов обладают две - водный раствор фосфатных солей цинка и ортофосфорной кислоты (состав 1) и водно-графитная суспензия фосфатных солей цинка, ортофосфорной кислоты и лигносульфанатов (состав 2). Для двух указанных составов антикоррозионных композиций нами разработаны последовательность и алгоритм их приготовления, используя которые, можно производить указанные композиции не только в лабораторных условиях, но и в рамках производственных процессов, а также разработан проект технических условий на антикоррозионную композицию.

Последовательность и алгоритмы приготовления антикоррозионных композиций, включают следующие основные этапы:

1. Подготовка необходимых для получения композиции исходных компонентов: кислота ортофосфорная техническая, оксид цинка, вода дистиллированная (состав 1); кислота ортофосфорная техническая; оксид цинка; вода дистиллированная; графит порошковый мелкодисперсный; лигносульфанаты (состав 2).

2. Проведение измерения плотности подготовленной ортофосфорной кислоты.

3. Отмеривание в отдельные емкости необходимых количеств ортофосфорной кислоты и дистиллированной воды (состав 1 и 2).

4. Внесение в подготовленную стеклянную емкость для приготовления антикоррозионной композиции половины или 1/3 часть отмеренного объема воды, добавление взвешенного количества оксида цинка и постепенное приливание отмеренного количества ортофосфорной кислоты (состав 1); внесение в подготовленную стек-

лянную емкость для приготовления антикоррозионной композиции 1/4 отмеренного объема воды, добавление взвешенного количества оксида цинка и постепенное приливание отмеренного количества ортофосфорной кислоты (состав 2).

5. Тщательное перемешивание раствора до полного растворения оксида цинка, после чего добавление оставшейся воды и перемешивание (состав 1); перемешивание раствора до полного растворения оксида цинка, после чего добавление отмеренной массы графита и перемешивание до получения однородной гомогенной массы (состав 2).

6. Добавление в емкость с оставшейся отмеренной водой отмеренного количества лигносульфанатов и перемешивание до полного растворения, после чего добавление полученного раствора в емкость для приготовления антикоррозионной композиции с образовавшейся после полного растворения оксида цинка водно-графитной суспензией и перемешивание (состав 2).

7. После естественного охлаждения антикоррозионной композиции до комнатной температуры осуществление контроля внешнего вида, плотности и массовой доли ортофосфорной кислоты (состав 1 и 2).

Хранение антикоррозионной композиции в складских помещениях и на открытых площадках под навесом в герметично закрытой таре, при температуре окружающего воздуха не выше 35 °С и не ниже 0 °С. Использование композиции путем нанесения на обрабатываемую поверхность кистью, окунанием, распылением. Нанесенный слой антикоррозионной композиции высушивают на воздухе до образования защитного слоя белого цвета. Рекомендуемое количество слоев – 2, расход композиции – 70–90 г/м<sup>2</sup>.

С целью проведения натуральных испытаний разработанных антикоррозионных составов, приготовленные демонстрационные образцы составов антикоррозионных композиций использовали для обработки и подготовки образцов из стали Ст3. Подготовку образцов стали Ст3 для натуральных испытаний проводили следующим образом. Пластины стали размером 60×55×1,5 мм промывали водой, высушивали, затем обезжиривали органическим растворителем путем протирания смоченной в ацетоне ветошью. После этого выдерживали в течение 1 часа в сушильном шкафу при температуре 60 °С.

Охлажденные образцы помещали в эксикатор в вертикальном положении на расстоянии не менее 20 мм друг от друга и заливали 3%-м водным раствором хлорида натрия таким образом, чтобы расстояние от верхнего края образцов до поверхности раствора составляло не менее 20 мм. Образцы находились в эксикаторе с открытой крышкой (для доступа кислорода воздуха) при температуре  $20 \pm 2$  °С до образования ржавчины на всей поверхности. Испаряющуюся в процессе выдержки для ржавления образцов воду постоянно пополняли. Поверхность образцов после ржавления высушивали, механически с помощью ветоши удаляя рыхлые продукты коррозии.

Перед проведением натуральных испытаний структуру поверхности обработанных и необработанных образцов стали изучали с помощью оптического стереоскопического микроскопа марки DSM 300-300 (Kozo Optikal, China). Исследована микроструктура антикоррозионных покрытий, получаемых при обработке поверхности прокорродировавших образцов стали, в результате чего установлены общие закономерности влияния состава антикоррозионной композиции на особенности структуры формирующегося покрытия.

С целью проведения натуральных испытаний, приготовленные образцы на длительный срок (2–3 месяца) были поставлены в условия воздействия атмосферы окружающей воздушной среды и в условия воздействия почвы. После 2–3-месячной выдержки образцов было произведено удаление (откалывание) бетонной оболочки и изучение состояния замурованных образцов. Визуальный анализ образцов показал, что образцы незащищенной стали, хранившиеся замурованными в бетон в условиях помещения, приобрели тонкий налет продуктов коррозии, в то время как на образцах, которые подвергались воздействию атмосферных факторов, слой продуктов коррозии был очень существенным, т. е. между бетонной оболочкой и поверхностью стальных образцов образовался слой рыхлой ржавчины.

Образцы, обработанные антикоррозионными композициями различного состава, напротив не обнаружили никаких признаков появления коррозии или ее продуктов, т. е. после скалывания бетонной оболочки и протирки поверхности ветошью визуально образцы практически не имели отличий от их состояния до заливки бетоном.

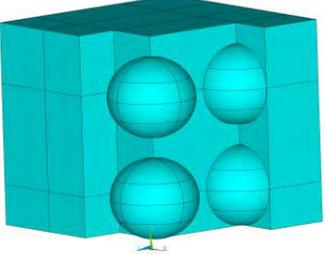
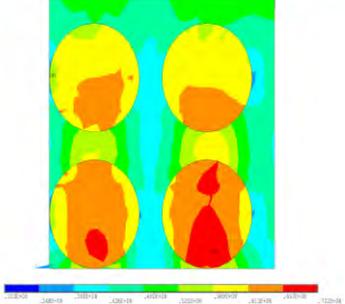
Исходя из этого, можно сделать заключение, что для проведения более корректных натурных испытаний требуется значительно более продолжительный период времени, который позволит хотя бы ориентировочно (с точностью до 1–2 месяцев) выявить время, через которое на обработанных антикоррозионными композициями образцах будут обнаружены первые признаки появления коррозии, а также определить, композиция какого состава позволяет полностью исключить коррозионные процессы наиболее продолжительный период времени. Необходимо отметить относительно низкую адгезию бетона к поверхности образцов, обработанных антикоррозионными композициями (что было выявлено в процессе удаления бетонных оболочек). Поэтому в данном направлении также требуется провести комплекс исследований с целью модификации композиций для улучшения адгезионных свойств образующихся антикоррозионных покрытий по отношению к бетону.

**«Строительные материалы и технологии 14»** «Моделирование на мезоуровне механических свойств композиционных строительных материалов с учетом агрессивного воздействия окружающей среды». Научный руководитель чл.-корр. НАН Беларуси д-р техн. наук Плескачевский Ю.М. Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», кафедра техническая физика и теоретическая механика.

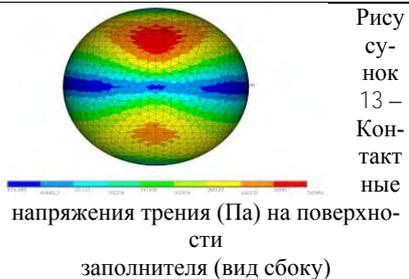
В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 14» выполнено компьютерное моделирование элемента бетонного элемента с учетом различных геометрических и физических параметров заполнителя, а также свойств контактного взаимодействия между матрицей и заполнителем. Получена зависимость напряжений в материале матрицы от размера зерен заполнителя. Получены расчетно-экспериментальные модели карбонизации во времени по сечению бетона классов по прочности  $C^{12}/_{15} - C^{30}/_{37}$  для условий эксплуатации в открытой атмосфере, областей обычной и ускоренной карбонизации.

Выполнен подбор состава бетона, обладающего повышенной коррозионной стойкостью к карбонизации. Получены зависимости изменения карбонатной составляющей во времени по сечению бетона классов по прочности  $C^{16}/_{20} - C^{25}/_{30}$  для области ускоренной карбонизации открытой атмосферы (бетон с добавлением кольматирую-

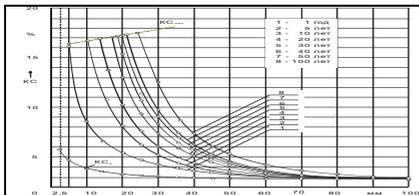
шей и пластифицирующей добавок). В работе были исследованы структура и состав контактных зон между зернами заполнителей и цементным камнем, а также влияние различных факторов на силу сцепления заполнителей с цементным камнем.

<p>Геометрическая модель системы приведена на рисунке 11. В качестве расчетной модели принят куб с длиной ребра 10 см и шаровидными зернами заполнителя диаметром от 0,5 до 2 см. Учитывалось, что модули упругости заполнителя и материала матрицы 50 и 30 ГПа, коэффициенты Пуассона 0,15 и 0,27 соответственно.</p>	 <p>Рисунок 11 – Схема расположения зерен заполнителя в материале матрицы</p>
<p>На рисунке 12 приведена схема распределения эквивалентных по Мизесу напряжений в вертикальной плоскости, проходящей через центры симметрии зерен. Из приведенной схемы видно, что наибольшее напряжение в матрице возникают между зернами заполнителя. Таким образом, прочность матрицы определяется максимальными напряжениями, возникающими в названной зоне.</p>	 <p>Рисунок 12 – Эквивалентные по Мизесу напряжения (Па) в материале композита</p>
<p>На рисунке 13. показано, на «экваторе» зерна минимальны и максимальны в его верхней части. Анализ, выполненный с учетом контактного взаимодействия между заполнителем и матрицей, продемонстриро-</p>	

вал неравномерность распределения контактных напряжений.

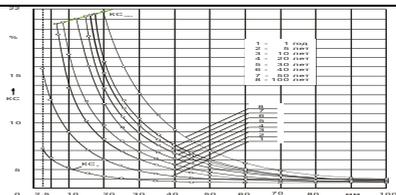






КC<sub>0</sub> – карбонатная составляющая бетона сразу после изготовления с применением ТВО;  
 КC<sub>max</sub> – максимальная величина карбонизации

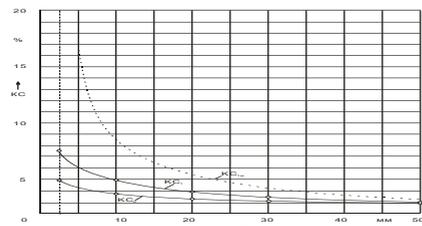
Рисунок 14 – Расчетно-экспериментальная модель карбонизации во времени по сечению бетона класса по прочности C<sup>16</sup>/<sub>20</sub>



КC<sub>0</sub> – карбонатная составляющая бетона сразу после изготовления с применением ТВО;  
 КC<sub>max</sub> – максимальная величина карбонизации

Рисунок 15 – Расчетно-экспериментальная модель карбонизации во времени по сечению бетона класса по прочности C<sup>25</sup>/<sub>30</sub>

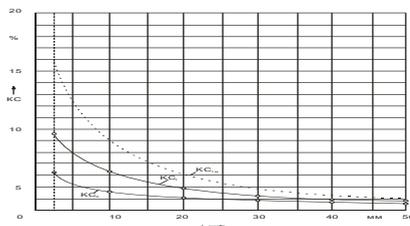
Регрессионная зависимость изменения карбонатной составляющей во времени по сечению бетона класса по прочности C<sup>16</sup>/<sub>20</sub> для области ускоренной карбонизации открытой атмосферы, %



КC<sub>0</sub> – карбонатная составляющая модифицированного бетона сразу после изготовления с применением ТВО; КC<sub>1</sub> – карбонатная составляющая модифицированного бетона с применением ТВО в возрасте 1 год; КC<sub>1M</sub> – прогнозируемая зависимость изменения карбонатной составляющей бетона с применением ТВО в возрасте 1 г.

Рисунок 16 – Расчетно-экспериментальная модель

Регрессионная зависимость изменения карбонатной составляющей во времени по сечению бетона класса по прочности C<sup>25</sup>/<sub>30</sub> для области ускоренной карбонизации открытой атмосферы, %



КC<sub>0</sub> – карбонатная составляющая модифицированного бетона сразу после изготовления с применением ТВО; КC<sub>1</sub> – карбонатная составляющая модифицированного бетона с применением ТВО в возрасте 1 год; КC<sub>1M</sub> – прогнозируемая зависимость изменения карбонатной составляющей бетона с применением ТВО в возрасте 1 г.

Рисунок 17 – Расчетно-экспериментальная модель

В условиях открытой атмосферы в зоне ускоренной карбонизации для модифицированного состава бетона в возрасте 1 год наблюдается значительное снижение карбонатной составляющей по сравнению с прогнозными значениями карбонатной составляющей:

для толщины защитного слоя до 10 мм

для «низкомарочных» бетонов по прочности (до  $C^{16}/_{20}$ ) – до 6,8 %;  
для «высокомарочных» бетонов по прочности (более  $C^{25}/_{30}$ ) – до 4,4 %;

для толщины защитного слоя 10-25 мм (расположения арматуры)

для «низкомарочных» бетонов по прочности (до  $C^{16}/_{20}$ ) – до 2,1 %;  
для «высокомарочных» бетонов по прочности (более  $C^{25}/_{30}$ ) – до 1,5 %;

для толщины защитного слоя более 25 мм

для «низкомарочных» бетонов по прочности (до  $C^{16}/_{20}$ ) – до 0,7 %;  
для «высокомарочных» бетонов по прочности (более  $C^{25}/_{30}$ ) – до 0,45 %.

Применение комплекса добавок привело к снижению категории степени карбонизации бетона на одну-две позиции. Для бетонов классов по прочности  $C^{16}/_{20} - C^{25}/_{30}$  в условиях открытой атмосферы в возрасте 1 год в зоне ускоренной карбонизации начало деградации бетона наблюдается только в поверхностном слое до 10 мм.

**«Строительные материалы и технологии 15»** «Моделирование хлоридной агрессии на высококачественный бетон для обеспечения расчетного срока эксплуатации». Научный руководитель канд. техн. наук Талецкий В.В. Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», кафедра строительные конструкции, основания и фундаменты.

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 15» проведено обследование для установления влияния воздействия солей-антиобледенителей на конструкции из высокопрочного бетона состояния железобетонных пролетных строений, поперечных балок и опор путепроводов г. Гомеля. Предварительным осмотром определены участки конструкций, которые непосредственно подвергались увлажнению атмосферными осадками. На этих участках проверялась прочность защитного слоя бетона, состояние арматуры и отбирались образцы бетона для исследования проникновения хлора в бетон. Концентрация хлора возле арматуры с предельной концентрацией, то есть концентрацией хлора, при которой начинается коррозия арматуры и разрушение защитного слоя бетона, составила 0,3 %. Время достижения такой концентрации зависит от условий эксплуатации. Концентрация хлора в защитном слое бетона наружной поверхности крайних балок, подвергающаяся воздушно-капельному увлажнению с тротуаров и проезжей части составляет 0,1–0,2 % при эксплуатации от 20 до 30 лет.

Проведены лабораторные исследования особенностей коррозионного поведения арматуры в бетоне при частичном увлажнении. Установлено, что процессы коррозии арматуры в бетонах имеют электрохимическую природу, и к ним применимы законы электрохимической коррозии в электролитных средах. Помимо этого возможно образование коррозионных макропар за счет неравномерной аэрации или концентрации ионов на отдельных участках железобетонной конструкции. Поэтому проведено изучение коррозионного поведения арматуры в пористом теле ЖБК в случае локального воздействия 3 % раствора NaCl, вызывающего возникновение коррозионной макропары. Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

- наличие капиллярно-пористой структуры кристаллогидратов в бетоне обеспечивает высокую скорость массопередачи жидких сред;

- на фазовой границе жидкость–газ (атмосфера) наблюдается образование переходной зоны за счет постепенного уменьшения содержания влаги в бетоне;

- в переходной зоне возникает наибольшая разность потенциалов на арматуре и наименьшее омическое сопротивление электролитной среды, что создает оптимальные условия для образования коррозионных макропар;

- коррозионный процесс может носить периодический или постоянный характер.

Для разработки модели прогнозирования срока службы железобетонных конструкций, при воздействии хлоридсодержащих жидких сред, использована DuraCrete-модель предельного состояния железобетонных конструкций. Модель позволяет учитывать толщину защитного слоя бетона, коэффициент диффузии хлора, критическую концентрацию и поверхностное содержание хлора, время воздействия. Каждый из воздействующих факторов может быть еще более детализирован (например, коэффициент диффузии хлора в каждый момент времени определяется условиями изготовления, условиями окружающей среды, начальным коэффициентом диффузии хлора, временем измерения начального коэффициента диффузии, возрастом бетона).

Многие учитываемые факторы DuraCrete-модели являются стохастическими: в простейшем стационарном случае – случайными

величинами с заданными законами распределения. При этом аналитическое решение прямой задачи определения вероятности ресурсного отказа и обратной задачи определения гамма-процентного ресурса железобетонных конструкций затруднено тем, что законы распределения воздействующих факторов подчиняются произвольным распределениям, а функции их влияния, как правило, нелинейные.

Для решения поставленных задач использован метод Монте-Карло на базе программного комплекса «NeoMetro», который состоит из трех модулей.

Первый отвечает за генерацию случайных величин. В нем реализованы подпрограммы генерации базовой случайной величины, подпрограммы моделирования основных типовых распределений случайных величин (нормального, бета, гамма, Вейбулла, треугольного, трапецидального, Лапласа, арксинуса, Пуассона и др.), а также произвольного распределения, заданного гистограммой. В качестве алгоритмов генерации базовой случайной величины предлагается использовать линейный конгруэнтный метод, реализованный в системе программирования Delphi, а также «вихрь Мерсенна», имеющий лучшие статистические свойства (в сравнении с конгруэнтным методом) по критериям совпадения моментов и независимости элементов генерируемой числовой последовательности.

Второй модуль – вычислительный – отвечает за функциональные преобразования с множеством влияющих случайных величин. В качестве вычислительного модуля было решено использовать ядро символьных вычислений пакета компьютерной математики Maple. Для взаимодействия программы «NeoMetro», написанной в среде программирования Delphi, с ядром Maple используется стандартная технология OpenMaple и дополнительная библиотека преобразования типов данных.

Третий модуль занимается анализом результатов статистических испытаний: оценкой основных числовых характеристик, в том числе квантилей распределения случайных величин и вероятностей событий. Первоначально программа «NeoMetro» формирует текстовую строку, соответствующую исследуемой модели – математическую функцию  $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$  множества аргументов, записанную на языке Maple. Для получения очередной реализации метода Монте-Карло разыгрывается случайный вектор  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Его значения передаются в ядро Maple с запросом на вычисление вещественной функции  $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Процедура повторяется указанное число раз с последующим статистическим анализом результатов.

**«Строительные материалы и технологии 17»** «Совершенствование технологии бетонных работ с использованием импортозамещающих мобильных бетонорастворных узлов, обеспечивающих достижение требуемого срока службы бетона». Научный руководитель д-р техн. наук Леонович С.Н. Белорусский национальный технический университет, НИЛ «Промышленное и гражданское строительство», кафедра «Технология строительного производства».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 17» разработана общая компоновочная схема мобильного раствора-бетонного узла на базе выполненных исследований.

Разработаны конструкции склада:

- инертных материалов согласно принятой компоновочной схемы;
- системы подачи и дозирования инертных материалов согласно принятой компоновочной схемы;
- вяжущих материалов (цемента) согласно принятой компоновочной схемы;

Разработаны конструкции системы:

- подачи и дозирования вяжущих материалов (цемента), согласно принятой компоновочной схемы.

Разработаны системы подачи бетонной смеси к потребителю согласно принятой компоновочной схемы

Разработана конструкция бетоносмесителя согласно принятой компоновочной схемы.

Разработаны системы хранения и дозирования воды и химических добавок.

Разработка эргономики рабочего места оператора:

- описание системы автоматического дозирования и управления процессом приготовления бетонной смеси;

Разработка окончательного комплекта конструкторской документации на мобильный раствора-бетонный узел.

На рисунке 18, представлен окончательный комплект конструкторской документации на мобильный растворобетонный узел. Разработка велась по блочно модульной схеме.

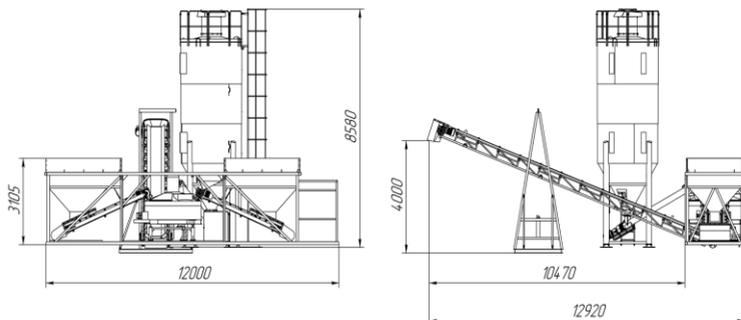


Рисунок 18 – Компонировочная схема бетонорастворного узла

В зависимости от требований заказчика блочно-модульная схема позволяет скомпоновать РБК любой конфигурации, значительно сократить расходы на транспортировку и монтаж. Сборка готовых модулей с максимальным насыщением оборудованием в условиях производства позволяет повысить качество сборки и надёжную работу оборудования, облегчает монтаж и транспортировку готовых модулей. Блочно-модульные компоновочные схемы комплексов позволяют легко адаптироваться к действующим схемам заводов ЖБИ и КПД.

Блочно-модульная система инвентарных бетонных заводов обеспечивает быстроту монтажных и пуско-наладочных работ, резко сокращая сроки ввода. Исходя из этого современная тенденция проектирования состоит в распространении блочно-модульного принципа не только на бетонный завод, но и на все бетонное хозяйство, включая компрессорную, механические мастерские, конструкции подштабельных галерей.

При сборке бетонного завода блочно-модульной компоновки не используется сварка, все блоки и узлы крепятся на разъёмных болтовых соединениях. Время монтажа сокращено за счет использования штепсельной коммутации электросистемы, а также фланцевых и гибких шланговых соединений трубопроводов.

Развитие блочно-модульных РБУ позволяет объединить достоинства как стационарных, так и мобильных РБУ. Плюсом является так же и то, что данный тип оборудования имея свою нишу, пока еще не представлен на рынке бетоносмесительных узлов в Беларуси, что при правильном маркетинге позволит значительно увеличить долю блочно модульных РБУ в общем числе установок продаваемых на территории Республики Беларусь.

Вторым немаловажным преимуществом блочно модульной компоновки является полная комплектация отдельных модулей на заводе изготовителе, что исключает проведение дополнительных работ по монтажу (прокладке кабелей, отопления и др.) и позволяет свести к минимуму пусконаладочные работы.

Каждый блок (модуль) проектируется в размер морского контейнера, что способствует его легкой перевозке любым видом транспорта.

Также к плюсам можно отнести и гибкость компоновки, так как каждый модуль является законченным изделием и выполняет отдельную функцию, то можно скомпоновать завод необходимой конфигурации и производительности.

На данном этапе работы разработан окончательный комплект конструкторской документации на мобильный растворо-бетонный узел согласно ранее принятой общей компоновочной схеме МРБУ, включающей все необходимые элементы для обеспечения технологического цикла по производству растворяемых и бетонных смесей.

**«Строительные материалы и технологии 18»** «Совершенствование технологии монолитного строительства на основе разработки системы инновационных неразрушающих методов и импортозамещающих приборных средств контроля прочностных и деформативных показателей железобетонных конструкций для обеспечения проектных сроков их эксплуатации». Научный руководитель канд. техн. наук Снежков Д.Ю. Белорусский национальный технический университет, НИЛ «Промышленное и гражданское строительство», кафедра «Технология строительного производства».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 18» разработана и изготовлена лабораторная установка для инденторных и акустико-эмиссионных испытаний

бетонных образцов, с использованием преобразователей-инденторов по патенту Республики Беларусь на полезную модель № 6896 «Ультразвуковой преобразователь» авторы Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Экспериментально уточнены зависимости внедрения сферического индентора от силы статического индентирования для области упругого взаимодействия с бетоном. Установлена закономерность снижения поправочного коэффициента  $\psi$  зависимости, описывающей упругое взаимодействие бетона с индентором,

$F = A \cdot h^{2.3\psi}$  для тяжелого бетона классов C20/25–C30/37 от 1 до 0,72 при снижении контрольного возраста до 10 суток. На основе конечно-элементной модели напряженно-деформированного состояния бетона в процессе его индентирования с использованием программного комплекса ABAQUS установлена зависимость параметров внедрения индентора от деформативных характеристик бетона и обжатия зоны контакта толщиной материала.

Количественная оценка механических свойств бетона в виде диаграммы одноосного нагружения « $\sigma - \epsilon$ » по диаграмме непрерывного вдавливания индентора, без привлечения микромеханических характеристик бетона, является неоднозначной. Поэтому на данной стадии исследований рассматривалась обратная задача, которую с позиций нейросетевого подхода можно представить в общем виде как решение уравнения вида относительно коэффициента  $W_{i,j}$ :

$$F_i = \left[ \sum_{j=0}^m W_{i,j} \cdot \theta_j(\epsilon_j) \right] \cdot \alpha_i$$

где  $\theta$  – функция, описывающая диаграмму одноосного нагружения бетона;  $F$ ,  $\alpha$  – сила индентирования и внедрение индентора соответственно;  $W_{i,j}$  – коэффициент.

Методика определения параметров индентирования бетонных образцов сферическим индентором базировалась на компьютерном моделировании процесса внедрения индентора в упругопластическое полупространство с заданной диаграммой одноосного нагружения. Выполнена проверка адекватности результатов моделирования экспериментальным данным. Получен необходимый объем расчетных данных для выбранной совокупности значений параметров кривой вдавливания. Моделирование вдавливания сферического индентора в упругопластическое полупространство выполнен

методом конечных элементов с использованием компьютерной программы ABAQUS.

Экспериментально уточнены зависимости внедрения сферического индентора от силы статического индентирования для области упругого взаимодействия с бетоном. Установлена закономерность снижения поправочного коэффициента  $\psi$  зависимости, описывающей упругое взаимодействие бетона с индентором  $F = A \cdot h^{\frac{3}{2}\psi}$ , для тяжелого бетона классов C20/25–C30/37 от 1 до 0,72 при снижении контрольного возраста до 10 суток.

По результатам расчета модели на рисунке – 19а, представлены диаграммы непрерывного вдавливания для бетона в области упругой и упругопластической деформации при индентировании с учетом трения между бетоном и поверхностью индентора. Наблюдался эффект локальной неустойчивости: на ветви нагружения, соответствующий переходу от упругой деформации к упругопластической, проявляется в виде переходной ступенчатой зоны, на протяжении которой могут быть несколько точек перелома кривой.

Более отчетливо картина рисунок – 19б, наблюдается на диаграммах  $F-d$ , когда после первой точки перелома возникают последующие точки перелома, находящиеся в переходной зоне. При переходе от упругой деформации к упругопластической происходит формирование начального пластического отпечатка.

В случае вдавливания сферического индентора первые следы пластической деформации на поверхности контакта проявляются по линии контура отпечатка. Затем возникают полосы скольжения на контактной площадке. Для распространения пластической деформации по контактной площадке требуется увеличение нагрузки вдавливания.

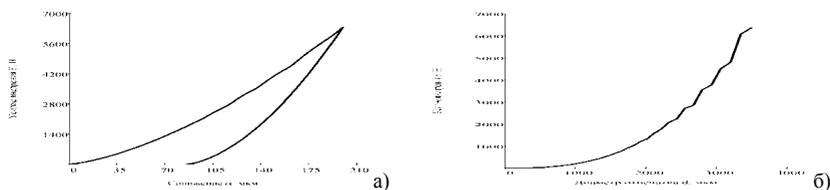
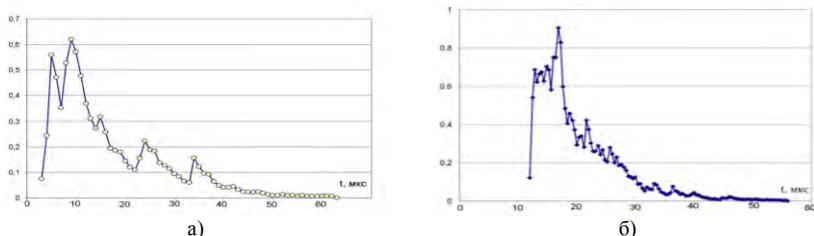


Рисунок 19 — Диаграммы индентирования бетонного образца по данным КЭ моделирования

Наблюдаемые «скачки» в поведении модели коррелируют с проявлением эффекта кластеризации, - наложении нескольких импульсов импульсов акустической эмиссии, следующих с малым периодом и постепенным снижением их амплитуды, экспериментально зарегистрированных при инденторных испытаниях бетона на разрабатываемой лабораторной установке. На рисунке 20 представлены характерные временные диаграммы такого типа АЭ импульсов.



а – бетон проектного класса C8/10, б – бетон проектного класса C35/45, возраст образцов 60 – 80 суток

Рисунок 20 - Временные диаграммы акустоэмиссионных импульсов

Процесс образования импульсных кластеров нельзя рассматривать как результат случайного наложения отдельных импульсов АЭ, учитывая его устойчивый характер, как по моменту времени его проявления, так и по характерному постепенному снижению амплитуд импульсных составляющих.

Исследована взаимосвязь характерных области деформации и сопротивления нагружению в зависимости от величины обжатия сдавливаемой толщи образца. Величина обжатия окружающей толщи бетона оценивалась соотношением диаметра образца к не восстановленному диаметру отпечатка индентора. С увеличением обжатия кривая  $F - \alpha$  меняет свою кривизну (рис. 19), требуется большее усилие для внедрения на ту же величину. В диапазоне значений величины обжатия 1,1 – 1,6 характер зависимости силы внедрения  $F$  от коэффициента обжатия близок к линейному.

Для тонких цилиндрических образцов наблюдалось выпучивание на глубине равной примерно глубине локализации максимальных напряжений.

**«Строительные материалы и технологии 19»** «Исследование деформативности и вязкости разрушения импортозамещающего высокопрочного бетона при высоких температурах (до 700 °С)». Научный руководитель канд. техн. наук Зверев В.Ф. Белорусский национальный технический университет. Центр научных исследований и испытаний строительных конструкций.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 19» – при проведении исследований изучалось воздействие высоких температур на высококачественный бетон согласно ГОСТ 30247.0-94.

Для определения исследований использовалась электрическая печь типа SNOL 30/1100 (рис. 21). Оценка температуры в печи и внутри образцов производилась встроенными датчиками печи и устройством контроля температуры «УКТ38» с термопарами в теле образцов (рис. 22).



Рисунок 21 – Электропечь SNOL 30/1100



Рисунок 22 – Устройство контроля температуры «УКТ38»

В процессе эксперимента в печь помещались образцы, и создавался температурный нагрев. Поскольку целью было исследование определяющего поведения материала, важной задачей являлось исключение всех возможных «структурных» факторов таких, как тепловые градиенты и растрескивание. По этой причине термический нагрев был достаточно медленным, чтобы обеспечить почти равномерное распределение тепловых повреждений внутри образца со скоростью нагрева 2 °С/мин (рис. 23) с последующим

изотермическим прогревом в течение 4 часов после достижения заданного уровня нагрева. Уровни нагрева составляли от 100 °С до 700 °С. При заданном температурном режиме измерялась температура на поверхности и внутри образцов. Охлаждение образцов происходило медленно ( $<4^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ) до полного остывания.

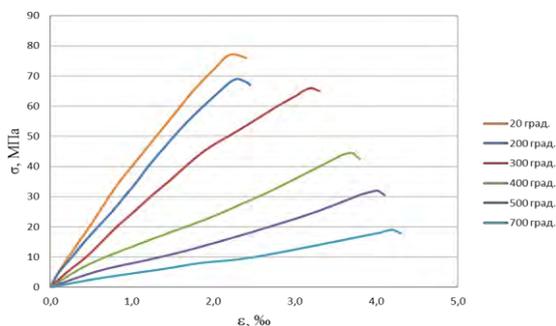


Рисунок 23 – Диаграмма деформирования бетона после нагрева

При нагреве бетон претерпевает изменения температуры и влажности, вызывающие появление в нем температурных и влажностных деформаций. Вследствие неравномерного распределения температуры по объему тела, а также из-за ограничения внешними связями, появление деформаций сопровождается развитием напряжений.

Так, при нагреве до температуры 200 °С бетон претерпевает значительные нарушения структуры, которые связаны с потерей упругопластических свойств. При нагреве до 400 °С наблюдается возрастание упругих пластических деформаций. Упругие деформации бетона в нагретом и охлажденном состоянии примерно одинаковы, а неупругие деформации в нагретом состоянии на 50 % выше.

При нагреве бетона выше 400 °С резко увеличиваются его пластические деформации, причем, чем выше напряжение и температура его нагрева, тем больше величина этой деформации. Увеличение деформативности бетона при высоких температурах нагрева, является следствием нарушения и изменения его структуры. При последующем нагреве высокопрочного бетона до 700 °С упругие деформации увеличиваются больше, чем пластические. Предельные деформации сжатия высокопрочного бетона после нагрева до

температур 200, 400 и 600 °С соответственно равны 2,6; 5 и 7 %. Модуль деформации при сжатии уменьшается при температуре 200 °С на 20–30 %, при 400 °С на 40–70 %, при 600 °С на 70–90 %.

Установлено, что значительное снижение деформативных свойств бетона происходит в интервале температур 600–650 °С, что объясняется распадом гидроксиды кальция цементного камня.

**«Строительные материалы и технологии 20»** «Разработка экологически чистой энергоэффективной технологии бетонирования при отрицательных температурах, обеспечивающей заданные характеристики бетона», Научный руководитель канд. техн. наук Голубев Н.М. Белорусский национальный технический университет. НИЛ «Промышленное и гражданское строительство».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 20» выполненный аналитический обзор методов возведения монолитных конструкций в условиях отрицательной температуры показал, что качественные характеристики продукции и энергоэффективность выполняемых при этом работ находятся в сложной взаимосвязи с многочисленными, различными по своей природе факторами. Требования, предъявляемые к тем или другим характеристикам качественных показателей бетона, зависят от условий возведения и эксплуатации монолитных конструкций зданий и сооружений.

Таблица 6 – Фрагмент модели функционирования системы тепловой обработки монолитной конструкции в условиях отрицательной температуры

Адрес ячейки в таблице «Excel»	Основные параметры модели тепловой обработки монолитного образца	Формула, функция, или величина
1	2	3
16	Ширина образца (а), м	а
17	Высота образца (b), м	b
18	Длина образца (l), м	h
19	Расход арматуры на 1м <sup>3</sup> бетона (G <sub>a</sub> ), кг	G <sub>a</sub>
110	Начальная температура бетонной смеси при укладке (t <sub>0</sub> ), °С	t <sub>0</sub>
111	Средняя температура прогрева бетона (t <sub>к</sub> ), °С, зависит от модуля поверхности (M <sub>n</sub> ) и при M <sub>n</sub> =2-4м <sup>-1</sup> - 40°С; при M <sub>n</sub> =2-4м <sup>-1</sup> - 60°С; при M <sub>n</sub> =2-4м <sup>-1</sup> - 80°С	t <sub>к</sub>

Продолжение таблицы 6

1	2	3
115	Температура наружного воздуха ( $t_n$ ), °С	$t_n$
116	Удельная масса бетонной смеси ( $\gamma_b$ ), кг/м <sup>3</sup>	$\gamma_b$
117	Удельная теплоёмкость бетонной смеси ( $c_b$ ), Дж/кг <sup>0</sup> С	$c_b$
118	Масса цемента в 1м <sup>3</sup> бетонной смеси ( $g_u$ ), кг/м <sup>3</sup>	$g_u$
119	Удельное количество тепла экзотермии цемента ( $q_{xp}$ ), Дж/кг	$q_{xp}$
120	Удельная теплоёмкость материала арматуры (Дж/кг <sup>0</sup> С)	$c_a$
121	Удельная масса влаги, испаряемой при подъёме температуры ( $w_n$ ), кг/м <sup>3</sup>	$w_n$
122	Площадь поверхности образца м <sup>2</sup>	$=16*17+16*18*2+17*18*2$
123	Объём образца, м <sup>3</sup>	$=16*17*18$
124	Модуль поверхности образца ( $M_n$ ), м <sup>-1</sup>	$= 122 / 123$
125	Толщина 1-го слоя днища опалубки ( $\delta_{01д}$ ), м	$\delta_{01д}$
126	Толщина 2-го слоя днища опалубки ( $\delta_{02д}$ ), м	$\delta_{02д}$
127	Толщина 3-го слоя днища опалубки ( $\delta_{03д}$ ), м	$\delta_{03д}$
128	Толщина 1-го слоя боковой стенки опалубки ( $\delta_{01Б}$ ), м	$\delta_{01Б}$
129	Толщина 2-го слоя боковой стенки опалубки ( $\delta_{02Б}$ ), м	$\delta_{02Б}$
130	Толщина 3-го слоя боковой стенки опалубки ( $\delta_{03Б}$ ), м	$\delta_{03Б}$
131	Толщина 1-го слоя укрытия бетона ( $\delta_{y1}$ ), м	$\delta_{y1}$
132	Толщина 2-го слоя укрытия бетона ( $\delta_{y2}$ ), м	$\delta_{y2}$
133	Толщина 3-го слоя укрытия бетона ( $\delta_{y3}$ ), м	$\delta_{y3}$
134	Коэффициент теплопроводности материала 1-го слоя днища опалубки ( $\lambda_{01д}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С	$\lambda_{01д}$
135	Коэффициент теплопроводности материала 2-го слоя днища опалубки ( $\lambda_{02д}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С	$\lambda_{02д}$
136	Коэффициент теплопроводности материала 3-го слоя днища опалубки ( $\lambda_{03д}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С	$\lambda_{03д}$
137	Коэффициент теплопроводности материала 1-го слоя боковой стенки опалубки ( $\lambda_{01Б}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С	$\lambda_{01Б}$
138	Коэффициент теплопроводности материала 2-го слоя боковой стенки опалубки ( $\lambda_{02Б}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С	$\lambda_{02Б}$
139	Коэффициент теплопроводности материала 3-го слоя боковой стенки опалубки ( $\lambda_{03Б}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С	$\lambda_{03Б}$
140	Коэффициент теплопроводности материала 1-го слоя укрытия бетона ( $\lambda_{y1}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С...	$\lambda_{y1}$
141	Коэффициент теплопроводности материала 2-го слоя укрытия бетона ( $\lambda_{y2}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С	$\lambda_{y2}$
142	Коэффициент теплопроводности материала 3-го слоя укрытия бетона ( $\lambda_{y3}$ ), Вт/м <sup>2</sup> °С	$\lambda_{y3}$

## Окончание таблицы 6

1	2	3
143	Удельная теплоёмкость материала 1-го слоя днища опалубки ( $c_{01д}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{01д}$
144	Удельная теплоёмкость материала 2-го слоя днища опалубки ( $c_{02д}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{02д}$
145	Удельная теплоёмкость материала 3-го слоя днища опалубки ( $c_{03д}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{03д}$
146	Удельная теплоёмкость материала 1-го слоя боковой стенки ( $c_{01Б}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{01Б}$
147	Удельная теплоёмкость материала 2-го слоя боковой стенки ( $c_{02Б}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{02Б}$
148	Удельная теплоёмкость материала 3-го слоя боковой стенки ( $c_{03Б}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{03Б}$
149	Удельная теплоёмкость материала 1-го слоя укрытия бетона ( $c_{y1}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{y1}$
150	Удельная теплоёмкость материала 2-го слоя укрытия бетона ( $c_{y2}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{y2}$
151	Удельная теплоёмкость материала 3-го слоя укрытия бетона ( $c_{y3}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$c_{y3}$
152	Коэффициент теплообмена у нижней поверхности опалубки ( $\alpha_{он}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$\alpha_{он}$
153	Коэффициент теплообмена у боковой поверхности опалубки ( $\alpha_{об}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$\alpha_{об}$
154	Коэффициент теплообмена у верхней поверхности опалубки (укрытия) ( $\alpha_{ов}$ ), Дж/кг $^{\circ}$ С	$\alpha_{ов}$
155	Объёмный вес материала 1-го слоя днища опалубки ( $\gamma_{01д}$ ), кг/м $^3$	$\gamma_{01д}$
156	Объёмный вес материала 2-го слоя днища опалубки ( $\gamma_{02д}$ ), кг/м $^3$	$\gamma_{02д}$
157	Объёмный вес материала 3-го слоя днища опалубки ( $\gamma_{03д}$ ), кг/м $^3$	$\gamma_{03д}$
158	Объёмный вес материала 1-го слоя боковой стенки опалубки ( $\gamma_{01Б}$ ), кг/м $^3$	$\gamma_{01Б}$
159	Объёмный вес материала 2-го слоя боковой стенки опалубки ( $\gamma_{02Б}$ ), кг/м $^3$	$\gamma_{02Б}$

**«Строительные материалы и технологии 21»** «Исследование и разработка организационно-технологических мероприятий импортозамещающего производства архитектурного стекла». Научный руководитель канд. техн. наук Минеев Р.А. Белорусский национальный технический университет. НИЛ «Информатики и технологии в строительстве».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 21» рассматривается процесс производства светопрозрачных конструкций фасадов здания на примере наиболее современной, технологичной и применяемой при остеклении зданий во всем мире системе – элемент фасада.

Существуют различные системы и конструктивные решения создания «скелета» светопрозрачной конструкции, будь то фасад, кровля, козырек или оболочка, однако один элемент остается неизменным – это заполнение, которое и обладает прозрачностью, играет роль ограждающей конструкции и несет множество других функций. Типы заполнений, применяемые в светопрозрачных конструкциях: на основе стекла; на основе пластика (поликарбонат); на основе пленок. Более подробно рассматриваются заполнения на основе стекла ввиду их наибольшей распространенности.

Само по себе флоат-стекло редко используется в остеклении фасадов здания из-за того что оно не безопасно (в случае боя может нанести порезы и увечья) и обладает низкими теплоизолирующими свойствами. Поэтому для использования в роли заполнения применяется стекло обработанное и различные виды стеклоизделий.

Наиболее часто используемыми видами стеклоизделий используемых для заполнения фасадов являются:

- стекло закаленное или термоупрочненное;
- эмалит (стекло окрашенное керамическими красками и термически обработанное);
- стекло ламинированное (триплекс);
- стеклопакеты;
- стекла со специальными функциями.

Производство фасадного элемента в цеховых условиях можно разделить на три основных производственных процесса:

- изготовление металлического каркаса элемента;
- изготовление заполнения (стеклопакета);
- соединение, установка стеклопакетов в металлический каркас.

**«Строительные материалы и технологии 22»** «Исследование импортозамещающей технологии гидрофобизации цемента и бетона для обеспечения расчетного срока службы при воздействиях окружающей среды». Научный руководитель канд. техн. наук Земляков Г.В. Белорусский национальный технический университет. НИЛ «Промышленное и гражданское строительство».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 22» установлено, что гидрофобизация портландцемента М500 стеарином Т-18 позволяет снизить в 1,5–2,0 раза сорбцию водяного пара цементом, находящегося во влажной атмосфере. Время его схватывания увеличивается на 20–25 % в сравнении с исходным не гидрофобизированным. Сорбированный на поверхности цемента стеарин Т-18 пластифицирует цементное тесто без заметного воздухововлечения, оказывает коагулирующее действие на цементную систему и содействует повышению пластичной вязкости смеси. В отвердевшем цементе и цементно-песчаной смеси (соотношение 1:1,5) проявляется «эффект» гидрофобизатора не только на поверхности, но и в объеме. При этом по мере высыхания образца угол смачивания увеличивается и достигает значения 120 °С. Эффект гидрофобизации скола образца зависит не только от количества стеарина Т-18, но и зернового состава бетонных смесей. При выполнении работы установлено, что водорастворимый гидрофобизатор на основе олеата аммония обеспечивает как поверхностную, так и объемную гидрофобизацию бетона. Определена оптимальная концентрация олеата аммония 0,15–0,3 % от массы цемента, которая обеспечивает появление гидрофобного эффекта (угол смачивания 120 °С) после твердения по всему объему бетона.

Поскольку цементное тесто представляет собой концентрированную минеральную суспензию, в которой ее пластичность связана с особыми свойствами адсорбированной на поверхности клинкера или заполнителя слоев воды, которая без соответствующих добавок, обладает определенной для данной системы упругостью. По мере удаления от поверхности твердой частицы цемента воды интенсивность притяжения ее молекул к поверхности твердого тела убывает, граница между соседними гидратированными частицами цемента размывается. А водные оболочки на поверхности твердого тела по физико-химическим и механическим свойствам приближаются к твердым покрытиям и выполняют двойную функцию:

они служат как бы связующим звеном и вместе с тем смазкой. Такие оболочки придают суспензии определенную устойчивость, т. е. они способны в определенной мере сопротивляться деформациям, не нарушая при этом своей сплошности и не утрачивая формы частиц, одновременно они могут облегчать скольжение твердых частиц одно по другому.

Учитывая вышеизложенное становится очевидным, что в цементном тесте, не содержащем добавок, для уменьшения внутреннего трения необходимо значительно количество воды, чтобы твердые частицы были раздвинуты на достаточно большие расстояния. В цементном же тесте, содержащем гидрофобизирующие и гидрофилизующие добавки ПАВ наблюдаем положительные эффекты, зависящие от характера их влияния на структуру и состояние воды затворения.

Экспериментально установленная величина  $V/C = 0,32$  соответствует концентрации олеата аммония 0,18 % и нонилфенола 0,1 % от массы сухого цемента и обеспечивает усадку конуса 5–7 см. При этом следует отметить, что очередность введения в систему цемент-песок-вода гидрофобизирующего и гидрофилизующего компонента смеси ПАВ практически не влияет на степень ее разжижения.

**«Строительные материалы и технологии 23»** «Разработка теоретических и методологических основ оптимизации прочностных и деформационных свойств материалов конструктивных слоев дорожных одежд как нелинейных систем с целью направленного регулирования их надежности и долговечности». Научный руководитель д-р техн. наук Веренько В.А Белорусский национальный технический университет, кафедра «Проектирование дорог».

По заданию «Строительные материалы и технологии 23» произведены работы по экспериментальному исследованию особенностей деформационного поведения асфальтобетона, которые имеют нелинейный характер. Доработан способ определения расчетных характеристик дорожных одежд, отражающих устойчивость конструкций к воздействию транспортной нагрузки. Произведена корректировка методологии определения надежности дорожных одежд, которая позволит более точно характеризовать работу конструкции дорожной одежды под действием транспортной нагрузки. Разработана методика проектирования конструкций дорожных одежд

повышенной устойчивости к возникновению пластических деформаций. Разработана методика проектирования конструкций асфальтобетонных покрытий на мостовых сооружениях.

В настоящее время особенно остро перед дорожно-строительной наукой стоит важная задача разработки конструкций дорожных одежд повышенной долговечности. Выполнение этой задачи невозможно осуществить без пересмотра существующих подходов к проектированию, а также корректировки критериев оценки надежности и долговечности исследуемых систем, не отражающих в полной мере работу дорожных одежд в заданных условиях эксплуатации. Одним из примеров является тот факт, что дефекты на покрытии автомобильных дорог появляются вне зависимости от того, какое значение имеет величина упругого прогиба (основополагающий критерий прочности и надежности конструкции дорожной одежды согласно существующей нормативной документации). Одинаковое количество дефектов может быть как при недопустимом значении прогиба, так и при его нормативном значении. Поэтому разработки и исследования, проводимые в ходе выполнения данного задания, были направлены на решение вышеуказанных проблем.

На первом этапе исследований, проводимых в отчетном году, были исследованы такие факторы, как нелинейность и анизотропия свойств асфальтобетонов. Произведены работы по экспериментальному исследованию особенностей деформационного поведения асфальтобетона, которые имеют нелинейный характер. Выявлены и проанализированы погрешности в расчетах, появляющиеся при игнорировании указанных явлений. Поэтому при проведении всех расчетов и исследований данной темы нелинейность и анизотропия свойств учитывалась в полном объеме.

На втором этапе исследований, проводимых в отчетном году, была доработана методология оценки напряженно-деформированного состояния дорожных одежд, которая была принята при разработке конструкций повышенной надежности и долговечности.

В частности была всесторонне исследована проблема обеспечения усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий и их устойчивости к возникновению пластических деформаций. Также были созданы на основе разработанной методологии конкретные конструкции дорожных одежд для заданных условий эксплуатации. Продемонстрированы основные преимущества

новых подходов к проектированию дорожных одежд по сравнению с традиционными, а именно то, что срок службы дорожных одежд запроектированных по новой методике может быть увеличен до 25 %, по сравнению с традиционной, в то время как по ТНПА обе конструкции будут иметь одинаковый уровень надежности. Основные принципы конструирования дорожных одежд повышенной долговечности реализованы в Альбоме типовых конструкций «Типовые строительные конструкции, изделия и узлы «Конструкции нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной грузонапряженности» Серия БЗ.503.-1.12. Департамент «Белавтодор».

Также в рамках выполнения задания программы был исследован вопрос о повышении надежности и долговечности конструкций асфальтобетонных покрытий, устраиваемых на мостовом полотне. Была разработана методология проектирования и подбора свойств материалов конструктивных слоев для исследованных систем с учетом специфических условий эксплуатации.

**«Строительные материалы и технологии 24»** «Разработка научно-технологических принципов изготовления наружных ограждающих конструкций с использованием экологически чистых энерго- и экономически эффективных теплоизоляционных слоев с ограниченными воздушными ячеистыми контурами». Научный руководитель академик НАН Беларуси д-р техн. наук Хрусталева Б.М. Белорусский национальный технический университет. НИЛ «Строительной теплофизики и инженерных систем зданий».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 24» доказано, что экранирование микромодулей позволяет повысить термическое сопротивление ограждающей конструкции.

При малой толщине герметичной газовой прослойки, в качестве которой используются микромодули, при величине произведения  $G_r \cdot P_r \leq 1000$ , когда перенос тепла лучепрозрачным газом является существенным по сравнению с теплопроводностью, величина суммарной теплопередачи (излучением и теплопроводностью) от

поверхности с температурой  $T_1$  к поверхности с температурой  $T_2 < T_1$  может быть определена из следующего уравнения:

$$q_{\Sigma} = q_p + q_k = C_{\text{пр}} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] + \frac{\lambda}{\delta_r} T_1 - T_2,$$

где  $q_k$  – тепловой поток теплопроводностью через прослойку,  $C_{\text{пр}}$  – приведенный коэффициент излучения, равный  $\left( 1/\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right) \cdot C_0$ ,

где  $\delta_r$  – коэффициент теплопроводности и толщина газовой прослойки;  $C_0$  – излучательная способность, равная  $5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}^4$ .

Для расчета суммарной теплопередачи воспользуемся следующими данными – наружная температура равна минус  $6,9 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура в слоях ограждения между размещенными микромодулями составила  $t_1 = 17,04 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $t_2 = -5,57 \text{ }^\circ\text{C}$ , при этом толщина слоя составляла  $\delta_r = 0,15 \text{ м}$ , а  $\lambda_r = 0,025 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}$ .

Подставляя данные в уравнение получим величину суммарной теплопередачи:

$$q_{\Sigma} = q_p + q_k = 2,87 + 3,76 = 6,64 \text{ Вт/м}^2.$$

При наличии между плоскостями из алюминиевой фольги двух экранов из той же фольги радиационный тепловой поток может определиться из выражения

$$q_p = \frac{C_0 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{n+1 \cdot 2 \cdot \left( \frac{1}{\epsilon_s} - \frac{1}{2} \right)},$$

где  $n$  – количество экранов;  $\epsilon_s$  – степень черноты экрана,

$$q'_p = \frac{5,67 \cdot 19,83}{2+1 \cdot 2 \cdot \left( \frac{1}{0,05} - \frac{1}{2} \right)} = 0,96 \text{ Вт/м}^2$$

радиационный поток уменьшился в  $\frac{2,87}{0,96} = 2,99$  раза

Общий тепловой поток при наличии двух экранов из алюминиевой фольги с отражательной способностью  $\varepsilon = 0,05$  составит меньше расчетного теплового потока

$$q_{\text{общ}} = q'_{\text{рад}} + q_{\text{н}} = 0,96 + 3,76 = 4,72 \text{ Вт/м}^2$$

Для расчетной температуры отопительного периода  $t_{\text{н}}^{\text{о.п.}} = -1,6^\circ\text{C}$ ,

$t_1 = 17,04^\circ\text{C}$ , а  $t_2 = -0,57^\circ\text{C}$ .

$$q_{\text{общ}} = q_{\text{рад}} + q_{\text{к}} = \frac{5,67}{\frac{1}{0,05} + \frac{1}{0,05} - 1} \left[ \left( \frac{290,04}{100} \right)^4 - \left( \frac{272,43}{100} \right)^4 \right] + \frac{0,025}{0,15} 290,04 - 272,43 = 5,229 \text{ Вт/м}^2$$

При наличии между двумя плоскостями из алюминиевой фольги двух экранов из той же фольги радиационный тепловой поток должен уменьшиться до величины:

$$q'_p = \frac{C_0 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{n+1 \cdot 2 \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon} - \frac{1}{2} \right)} = \frac{5,67 \cdot 15,62}{2+1 \cdot 2 \cdot \left( \frac{1}{0,05} - \frac{1}{2} \right)} = 0,756 \text{ Вт/м}^2$$

меньше расчетного в  $\frac{2,26}{0,756} = 2,989$  раза

Общий тепловой поток при наличии двух экранов из алюминиевой фольги с отражательной способностью  $\varepsilon = 0,05$  составит

$$q_{\text{общ}} = q'_{\text{рад}} + q_{\text{к}} = 0,756 + 2,96 = 3,716 \text{ Вт/м}^2.$$

При этом тепловом потоке термическое сопротивление микро-модулей составит

$$R = \frac{t_1 - t_2}{q} = \frac{17,04 + 5,57}{3,716} = 6,08 \text{ м}^2\text{град./Вт}$$

Без учета влияния экранов это же сопротивление составит

$$R = \frac{17,04 + 5,57}{5,229} = 4,32 \text{ м}^2\text{град./Вт}$$

Термическое сопротивление увеличилось в  $\left(\frac{6,08}{4,32}\right) = 1,4$  раза

и толщину микромодулей можно уменьшить на величину

$$\delta = \lambda \cdot R_1 - R_2 = 0,04 \cdot 6,08 - 4,32 = 0,07 \text{ м}$$

Общая толщина конструкции может составить  $\delta = 230$  мм вместо расчетной толщины в  $\delta = 300$  мм.

Для иллюстрации построим графики тепловлажностного режима ограждений (рисунки 24 и 25) для двух вариантов ограждения:

- без учета экранирования с толщиной микромодулей  $\delta = 0,15$  м;
- с учетом влияния экранов и толщиной микромодулей  $\delta = 0,08$  м.

Построение графиков и все расчеты приведены для условий наиболее холодного месяца:  $t_{\text{н}} = t_{\text{х,м}} = -6,9$  °С,  $\varphi = 86$  %.

Данные для построения графика влажностного режима наружной стены (вариант (а) и с учетом влияния экранирования (б))

Расчетная температура воздуха	Определяемый параметр	номер плоскости							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$t_{\text{н}} = -6,9$ °С	температура, $t$ , °С	17,4	17,17	11,52	5,87	0,23	-5,42	-6,26	-6,3
	максимальное парциальное давление, $E$ , Па	1987	1958	1360	927	621	387	361	360
а) без учета влияния экранирования	действительное парциальное давление, $e$ , Па	1135	940,6				357,4	357,4	292
б) с учетом влияния экранирования	действительное парциальное давление, $e$ , Па	1135	854				385,6	385,6	292

По графику (рисунок 25) видно, что во втором случае имеется небольшая зона конденсации. Однако необходимо иметь в виду, что расчеты проводились для "жестких" условий холодного месяца, что не всегда выполняется и при небольшом повышении температуры наружного воздуха, конденсация не появится. Зона конденсации при этом не затрагивает слой утеплителя (микро модуля), что является положительным фактором.

Выполненные расчеты показывают, что учет уменьшения теплового потока через микро модуль за счет экранирования снижает тепловой поток через ограждение в целом, что приводит к повышению его термического сопротивления, а учет радиационного потока тепла через микро модуль дает возможность уменьшить общую толщину конструкции ограждения за счет снижения толщины микро модуля до 80 мм.

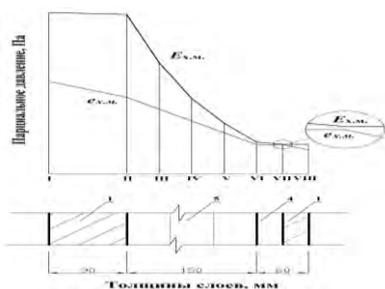


Рисунок 24 – График тепловлажностного режима наружного ограждения без учета влияния экранирования

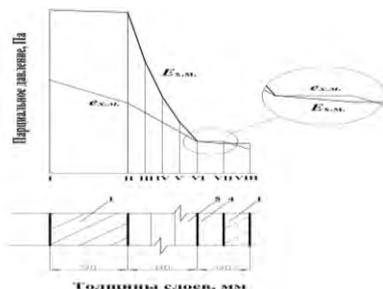


Рисунок 25 – График тепловлажностного режима наружного ограждения с учетом влияния экранирования

«Строительные материалы и технологии 25» «Разработка технологии восстановления эксплуатационной пригодности несущих конструкций методом внешнего армирования с использованием импортозамещающей системы на основе однонаправленной ткани из углеродного волокна производства СПО «ХИМВОЛОКНО» с двухкомпонентным порозакрывающим материалом на основе водной дисперсии эпоксидной смолы». Научный руководитель канд. техн. наук Попов О.В. Белорусский национальный технический университет». РУП «Научно технологический парк БНТУ «Политехник».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 25» исследовано влияние различных реологических добавок на структурно-механические свойства клеевой композиции и установлена корреляция их с прочностью адгезионного соединения между клеем и угольным волокном.

Разработаны способы и режимы нанесения клеевого материала и его отверждения с целью формирования адгезионного контакта на границе субстрат-адгезив с необходимыми физико-химическими параметрами. Исследованы свойства двухкомпонентного эпоксидного клея на основе водной эпоксидной эмульсии собственного производства, модифицированного наночастицами алмаза в присутствии алкоксисилана.

На рисунке 26, представлены микрофотографии опытных эпоксидных пленок. Структура эпоксидного материала без добавок модификаторов не плотная, слоистая (рис. 26, а), введение в эпоксидную систему УДА-ВК или ТБОС вызывает уплотнение структуры пленок (рис. 26, б, в). На стенках кратера, оставшегося от выпавшей капли смолы, видны остатки наночастиц алмаза, оторвавшиеся от ее поверхности. Наиболее плотно сшитой структурой характеризуется образец, содержащий 20 масс.% ТБОС и 0,1 масс.% УДА-ВК (рис. 26, г).

Определена оптимальная степень наполнения эпоксидной матрицы наночастицами алмаза: 0,1 масс. %. При введении наночастиц алмаза в эпоксидную клеевую композицию происходит комплексный рост свойств эпоксидного материала (прочности при разрыве, твердости, адгезии к бетону). Присутствие ТБОС в эпоксидном клее способствует повышению его жизнеспособности, увеличению степени сшивки, прочности при разрыве пленок и адгезии к бетону. Совместное присутствие в составе клея ТБОС и наночастиц алмаза способствует получению клеевой композиции с улучшенными физико-механическими свойствами.

Установлены оптимальные временные режимы отверждения эпоксидных композиций. Разработанный водный двухкомпонентный клей холодного отверждения по некоторым механическим характеристикам, превосходит известный клей Sikadur-30. Одна из важнейших свойств разработанного нового эпоксидного клея – наличие высокой адгезии к бетону.

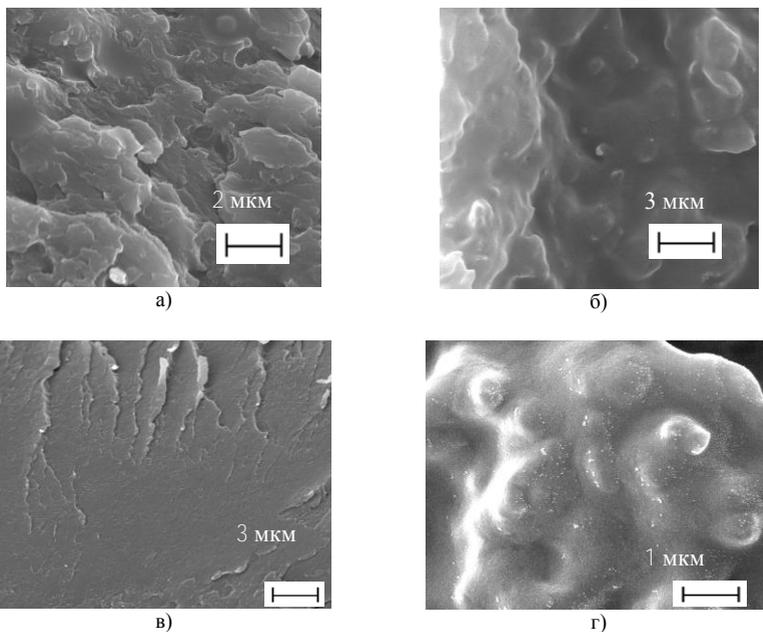


Рисунок 26 – Микрофотографии срезов отвержденных эпоксидных пленок без добавок модификатора (а), с добавками наночастиц алмаза (б, г) – ТБОС (в, г). Концентрация модификатора (масс. %): наночастиц алмаза – 0,1; – ТБОС – 20.

В таблице 7 представлены сравнительные механические характеристики разработанного двухкомпонентного клея, содержащего ТБОС и ультрадисперсные частицы алмаза и импортного промышленного эпоксидного клея Sikadur-30.

Таблица 7 – Механические характеристики клеев

Свойства	Опытный эпоксидный клей	Клей Sikadur-30
Адгезия к бетону в системе с углеканью, МПа	5,95 МПа	4 МПа
Время жизнеспособности, мин	70	30
ТКЛР в интервале температур 20-40 °С	$8,8 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$9 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

**Строительные материалы и технологии 26»** «Разработка теории и создание технических средств автоматизации производства строительных смесей». Научный руководитель д-р техн. наук Соколова В.Л. Белорусский национальный технический университет».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 26» научная новизна заключается в создании быстродействующих алгоритмов, обеспечивающих высокоточное дозирование компонентов строительных смесей и разработке алгоритмов адаптивного управления систем дискретного дозирования (СДД). Практическое значение заключается в разработке конструктивных решений типовых элементов СДД, создании экспериментальной установки для исследования метрологических характеристик тензометрических преобразователей и проведении экспериментальных исследований тензометрических преобразователей, используемых в СДД.

Результаты исследований могут использоваться при разработке технологического оборудования, используемого для производства мелко и среднedisперсных строительных смесей. Дозирование является одной из основных операций при производстве различного вида продукции, качество которой определяется составом и массовой долей ее компонентов. Необходимость достижения высокой точности и производительности технологических процессов делает дозирование жидких и сыпучих сред актуальной технической проблемой.

Существует большое количество факторов, влияющих на метрологические характеристики тензометрических датчиков силы, что существенно усложняет эффективность аналитического расчета их конфигураций при проектировании дозаторов для решения конкретных технологических задач.

Упругий элемент, с наклеенными на нем тензорезисторами представляет собой сложную композиционную систему, обладающую комплексом взаимосвязанных электромеханических параметров, каждый из которых вносит свою составляющую в суммарную погрешность средства измерений (СИ). Кроме погрешностей, связанных с неточностью изготовления упругого элемента и наклейки на нем тензорезисторов, существенное влияние оказывают температурные погрешности, обусловленные различием температурных деформаций материала упругого элемента и материала

тензорезисторов. Частично это различие компенсируется специальной термообработкой фольги, из которой изготавливаются тензорезисторы, но как правило, это не позволяет полностью компенсировать температурные дрейфы РКП и НКП.

После проведения всех нормирующих процедур чувствительность тензометрического датчика к паразитным крутящим моментам и изменениям температуры окружающей среды может быть сведена к минимальным значениям, но полностью компенсировать все возникающие погрешности практически невозможно.

Одной из наиболее серьезных проблем, которые приходится решать при создании и производстве тензометрического датчика является вариация его показаний при нагружении и разгрузке и нелинейность характеристики.

Наличие вариации показаний является следствием несовершенства технологии наклейки тензорезисторов, связанной со смещением тензорезистора относительно поверхности датчика за счет упругой деформации клеевого слоя.

Причиной нелинейности характеристик могут быть не только технологические особенности процесса производства, но и колебания геометрических и физико-механических параметров упругого элемента. Очевидно, что внешне похожие погрешности имеют разную природу возникновения и оказывают разное влияние на суммарную погрешность СИ в условиях реальной эксплуатации.

Поэтому в целях оптимизации конфигурации упругого элемента (УЭ) тензометрических преобразователей на основе анализа зон деформации и напряжений целесообразно использовать программные пакеты компьютерного моделирования, в частности ПО ANSYS®. Конечно-элементный анализ позволяет подобрать конфигурацию УЭ с максимально выраженными упругими свойствами и использовать зоны максимальной деформации УЭ для крепления первичных тензометрических преобразователей.

На рисунке 27 представлены схемы стержневых и изгибных тензометрических датчиков силы, применяемых в конструкциях дозаторов и весов с наибольшим пределом дозирования (НПД) до 100 кг.

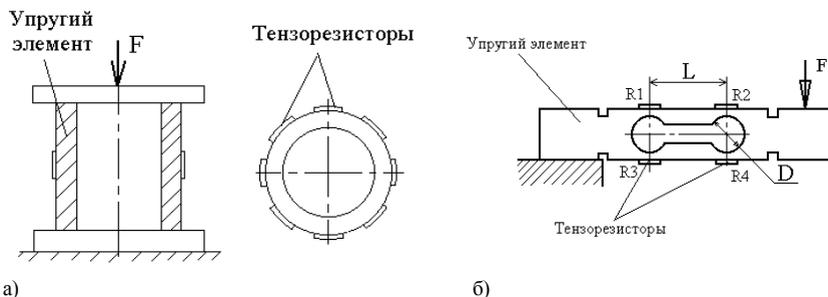


Рисунок 27 – Схемы стержневого (а) и изгибного (б) тензометрических датчиков силы

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- для платформенных весов с наибольшим пределом взвешивания (НПВ) до 200 кг рекомендуется использовать изгибные и сдвиговые тензометрические датчики деформации, в которых в качестве УЭ применяется упругий параллелограмм, представляющий собой консольно закрепленную балку с отверстиями для образования зон деформации, а исключение взаимного влияния зон деформации в продольном и поперечном направлении обеспечивается выполнением условия:  $L > 2D$ ;

- для платформенных весов с НПВ свыше 200 кг рекомендуется использовать стержневые датчики, в основе которых лежит УЭ, выполненный в виде цилиндра, по окружности которого наклеены тензорезисторы, при этом для достижения наилучшей линейности сигнала необходимо, чтобы тензорезисторы покрывали более 80% длины окружности;

- в зонах максимальной деформации на поверхности балки необходимо располагать тензорезистивный мост, причем при значительном диаметре УЭ тензорезистивный мост может состоять из 8 или 16 резисторов, соединенных параллельно или параллельно-последовательно.

**«Строительные материалы и технологии 27»** «Разработка научных принципов создания технологических критериев аэродинамической и тепло- и массоэкологической устойчивости воздушно-теплого режима надземных и подземных энергоэффективных сооружений с учетом факторов ионизации». Научный руководитель

академик НАН Беларуси д-р техн. наук Хрусталева Б.М. НИЛ «Строительной теплофизики и инженерных систем зданий».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 27» получена зависимость, характеризующая устойчивость ограждающих конструкций (аэродинамическая, диффузионная, устойчивость относительно капельной влаги) и давлениями жидкой фазы воздуха у менее и более нагретых поверхностей ограждения (наружная и внутренняя) и минимальным барометрическим давлением воздуха у внутренней поверхности.

В результате разработки физико-математической модели устойчивости ограждающей конструкции относительно паровой, капельной, воздушной фаз потоков, обследования аэродинамической устойчивости помещений и ограждающих конструкций представлены результаты исследований по обеспечению работоспособности вентиляционных коммуникаций с учетом тепло- и массообменных характеристик материалов ограждающих конструкций, массодиффузионной устойчивости, аэродинамических параметров и процессов в помещениях, параметров теплоносителей отопительных систем при капитальном ремонте и модернизации жилых домов.

Получены официальные свидетельства (акты) о практическом использовании – г. Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», ПО «Беллагромаш», г. Коммунар, Гатчинский р-н, Ленинградская обл. Бульварная фабрика.

Разработана методика определения сопротивления теплопроводности ограждающих. Разработан способ определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций контактными и бесконтактными способами. Аэродинамическая устойчивость помещений это его способность уменьшать колебания термодинамических характеристик воздуха в помещениях при флуктуациях тепловых потоков от внутренних источников теплоты, термодинамических параметров наружного воздуха. Допустимый предел суточных амплитуд температур воздуха в жилом помещении при центральном отоплении –  $1,5^{\circ}\text{C}$ , при печном –  $3^{\circ}\text{C}$ .

Устойчивость ограждающих конструкций может быть охарактеризована коэффициентами аэродинамической устойчивости воздухопроницаемости ограждения  $\pi$ ”, представляющие собой

$$\pi_0^I = \frac{p_{=,1}^I - p_{=,2}^I}{p_{=,1}^I - p_{0,1,\min}^I},$$

$$\pi_0^{II} = \frac{p_{=,1}^{II} - p_{=,2}^{II}}{p_{=,1}^{II} - p_{0,1,\min}^{II}},$$

$$\pi_0^{I+II} = \frac{p_{=,1}^{I+II} - p_{=,2}^{I+II}}{p_{0,1}^{I+II} - p_{0,1,\min}^{I+II}},$$

где  $p_{=,1}^I$  – давление жидкой фазы у менее нагретой поверхности элемента ограждающей конструкции;  $p_{=,1}^{II}$  – парциальное давление водяного пара у менее нагретой поверхности элемента ограждающей конструкции;  $p_{=,1}^{I+II}$  – барометрическое давление воздуха у наружной поверхности ограждающей конструкции;  $p_{=,2}^{I+II}$  – барометрическое давление воздуха у внутренней поверхности ограждающей конструкции;  $p_{0,1,\min}^{I+II}$  – минимальное барометрическое давление воздуха у внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Устойчивость помещений, амплитуды колебаний общих и парциальных давлений, давления парогазовой смеси, определяется амплитудами колебаний общих и парциальных давлений компонентов потока в отапливаемых помещениях.

Амплитуда колебания потока массы (воздуха, пара, и т. д.), проходящего через единицу более нагретой поверхности равна

$$A^1 p = j_1 \max^1 p - j^1 p,$$

где  $j_{1,max} \uparrow p = \alpha_1 \uparrow p (p_{1,max} - p_{1(0,max)})$  (б) – максимальный поток массы, проходящий через единицу поверхности в единицу времени,  $\bar{j}_1 = \alpha_1^p (\bar{p}_1 - \bar{p}_0)$  (в) – средний поток массы, проходящий через более нагретую поверхность;  $P_{max}$  – максимальное давление массы в поверхностном слое менее нагретой поверхности слоя, Па;  $\bar{p}_1$   $\bar{p}_0$  – средние давления массы в поверхностном слое, Па;  $\alpha_1^p$  – коэффициент массоотдачи у менее нагретой поверхности.

После подстановки в уравнение (а) уравнений (б) и (в) можно получить  $A^p = \alpha_1^p (p_{max} - p_{0,max}) - \alpha_1^p (p_{max} - \bar{p}_0) = \alpha_1^p \cdot A_p^p - \alpha_1^p \cdot A_0^p$ ,

где  $A_p^p$  – амплитуда колебания давления воздуха в помещении;  $A_0^p$  амплитуда колебания давления в поверхностном слое ограждения, Па.

Полагаем, что отношение величины амплитуды колебания потока массы  $A_Q^p$  к величине амплитуды колебания давления на более нагретой поверхности  $A_0^p$  можно охарактеризовать коэффициентом массоусвоения более нагретой поверхности  $Y_0^p$ , т.е.  $Y_0^p = \frac{A_Q^p}{A_0^p}$ . Этот коэффициент зависит от периода колебаний потока массы ( $Z^p$ ), тепло- и массообменных характеристик конструкции, представляет собой максимальное изменение амплитуды колебания потока массы, поступающей на более нагретую поверхность ограждения, когда амплитуды колебания давления и т.д. равна единице, например 1 Па.

С увеличением коэффициента массопоглощения (массоусвоения) внутренней поверхности ограждения, должна уменьшаться амплитуда колебания  $A_0^p$ . Если ограждающая конструкция однородная (включает один материал) большой толщины, тогда массоусвоение внутренней поверхности при фиксированном периоде колебания давления его температура должна зависеть только от тепло- и

массообменных характеристик этого материала, Следовательно, массоусвоение – это физическая характеристика материала. которую можно охарактеризовать коэффициентом массоусвоения материала  $S^P$ , оценивающий возможность материала реагировать на колебания давления (потенциалов) на его поверхности.

«**Строительные материалы и технологии 28**» «Разработка рациональной теплоэнергетической системы предприятий строительных материалов с применением комбинированной генерации на базе современных тепловых двигателей». Научный руководитель д-р техн. наук Романюк В.Н. Белорусский национальный технический университет, кафедра ПТЭиТ.

В ходе выполнения задания «Строительные материалы и технологии 28» разработано рациональное построение теплоэнергетической системы промышленного предприятия в контексте решения задачи полной реализации потенциала энергосбережения, на базе которой только и может быть решена задача требуемого снижения энергоемкости продукции.

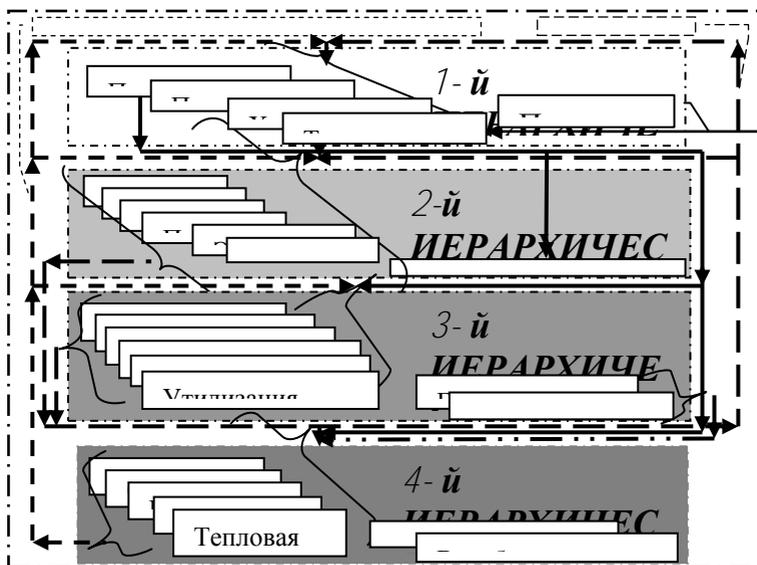
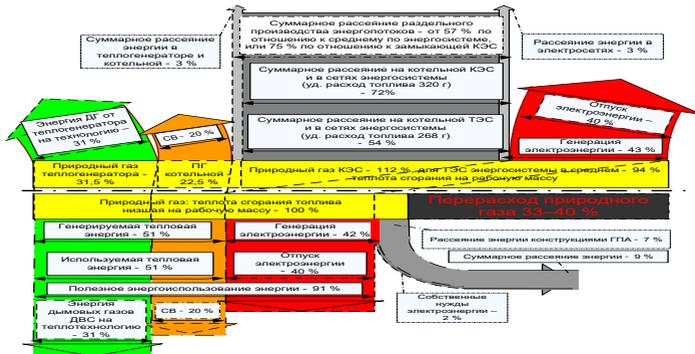


Рисунок 28 – Структурная схема теплоэнергетической системы

Энергетическая эффективность интеграции в теплоэнергетические системы асфальтобетонных заводов двигателей внутреннего сгорания и создания когенерационных комплексов приведена на рисунках 29, 30.



Раздельная генерация энергопотоков на базе теплотехнологического потребления. Затраты топлива по отношению к топливу комбинированной выработке того же количества тепловой и электрической энергии 168% для теплогенератора СА и КЭС, или по отношению к топливу раздельной генерации перерасход составляет 40% (рисунки 29 - диаграмма энергопотоков и сгорания, одинаковых количеств комбинированной выработке составляют 148%, или по отношению к топливу раздельной генерации перерасход составляет 33%).

Рисунок 2.7 - Диаграмма теплотехнологического потребления и электрической энергии раздельным и комбинированным способами производства на базе газовых тепловых двигателей внутреннего сгорания

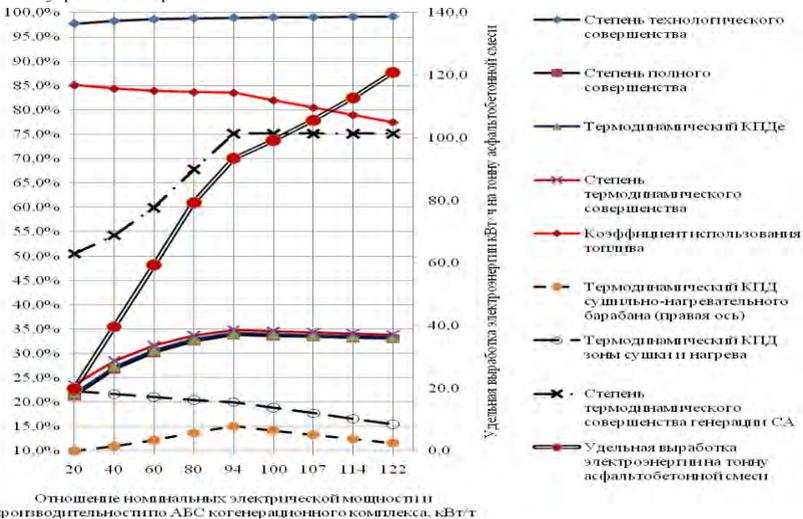


Рисунок 30 - Влияние электрической мощности когенерационного комплекса, обеспечивающего тепловые нагрузки подготовительного производства асфальтобетонного завода, на его относительные эксергетические характеристики и удельную выработку электроэнергии

**«Строительные материалы и технологии 29»** «Разработка энергоэффективной технологии изготовления неразъемных соединений газоплотных и взрывобезопасных металлических систем вентиляции при строительстве зданий и сооружений». Научный руководитель чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук Пантелеенко Ф.И. Белорусский национальный технический университет. НИЛ «Сварки, родственных технологий и неразрушающего контроля».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 29» сформирован и изготовлен макетный образец лабораторной установки для исследований сварочных процессов тонколистового проката вентсистем. Исследованы и установлены особенности формирования сварочной ванны, также параметры режимов сварки, сварочные материалы в процессе реализации адаптивной технологии сварки типа «coldArc», TIG, MIG/MAG тонколистового проката из низкоуглеродистых сталей (включая оцинкованный прокат), высоколегированных сталей и алюминиевых сплавов. Установлены характер и зоны проплавления для соединений с различными конструктивными особенностями, а также влияние тепловложений на образование отдельных несоответствий сварных швов.

Разработаны предварительные базовые параметры режимов и технологические особенности различных способов сварки тонколистового проката вентсистем. Разработаны модельные блоки и узлы лабораторной установки (рисунок 31), проведен монтаж и испытания макетного образца для исследований сварочных процессов тонколистового проката вентиляционных систем на базе многофункционального сварочного источника Небулла.

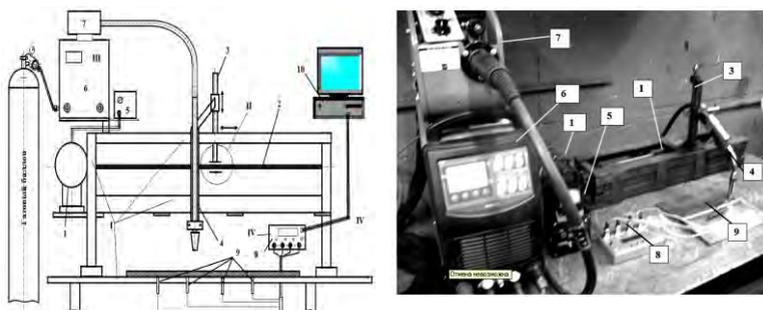


Рисунок 31 – Макетный образец лабораторной установки

Выполнены исследования особенностей формирования сварочной ванны: оцинкованного тонколистового проката воздухопроводов с различными конструктивными особенностями сварного соединения и применением адаптивных технологий типа «coldArc» (рисунок 32, а), тонколистового проката из низколегированных сталей с различными конструктивными особенностями сварного соединения и применением ручной аргонодуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом и механизированной сварки в углекислом газе (рисунок 32, б, в), а также механизированной сварки в инертном газе алюминиевого проката, воздухопроводов из тонколистового проката из высоколегированных сталей аустенитного класса с различными конструктивными особенностями сварного соединения и применением ручной аргонодуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом и механизированной сварки в защитном инертном газе (рисунок 32, г). Проведен выбор параметров режимов сварки, сварочные материалы, выполнены экспериментальные работы при сварке образцов вентиляционных систем.

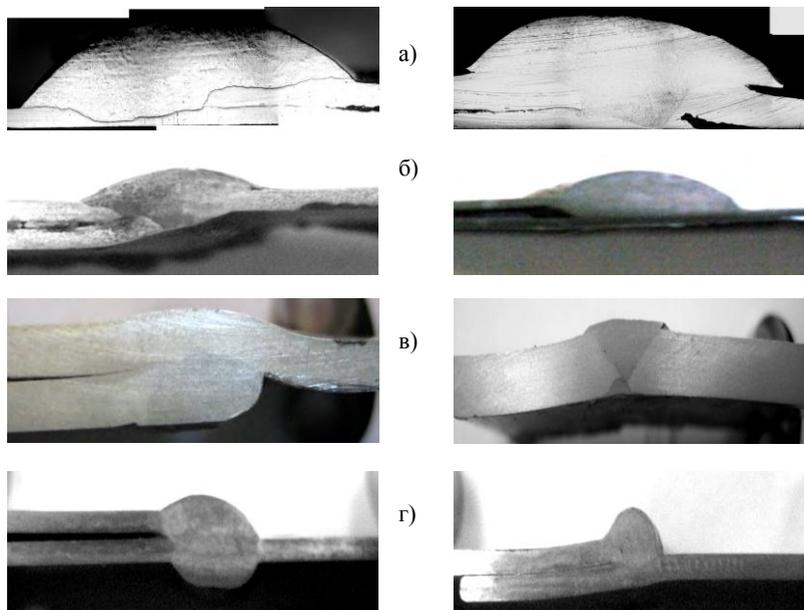
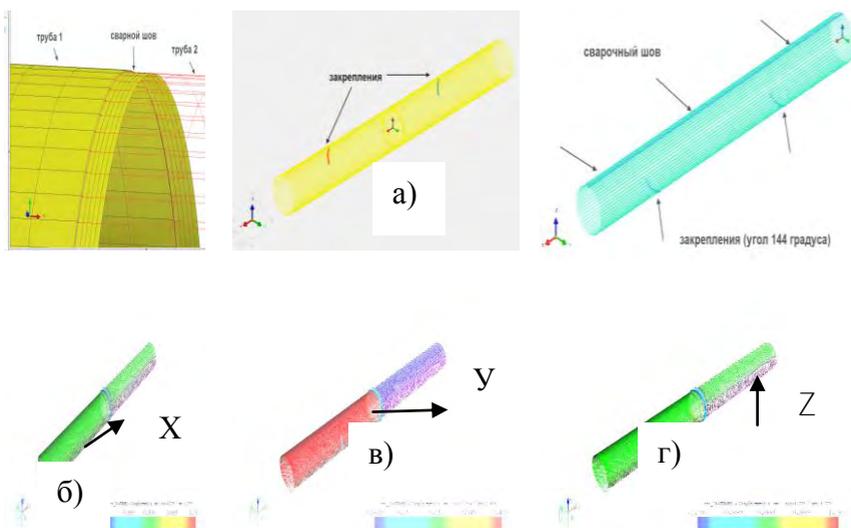


Рисунок 32 – Шлифы сварных образцов тонколистового проката выполненных различными технологиями сварки

Проведен анализ особенностей формирования сварочной ванны, характеристики и параметры наплавленного металла, уровень дефектообразования в сварных швах при металлографических исследованиях, выполнена оценка механических свойств сварных соединений при испытаниях на статическое растяжение.

Установлены характер и зоны проплавления для соединений с различными конструктивными особенностями, а также влияние тепловложений на образование отдельных несоответствий сварных швов (рисунок 32).

Проведено моделирование процессов сварки тонколистового проката на базе программного продукта Welding Planner приближенно к производственным конструкциям и задачам исследований, определены перспективнее направления и возможности моделирования процессов деформаций и короблений при сварке элементов воздухопроводов (рисунок 33).



б) деформации по оси X; в) деформации по оси Y; г) деформации по оси Z

Рисунок 33 – Разработка моделей (а) и расчеты деформаций при сварке кольцевого шва диаметром 200 мм

Проведена практическая оценка распределения температурных полей при сварке элементов с различными конструктивными особенностями, а также влияние дополнительного теплоотвода на формирование и теплопередачу при сварке, характер формирования сварного шва (рисунок 34).

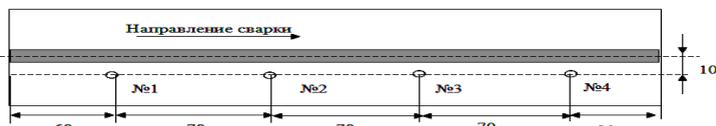


Рисунок 34 – Характер формирования сварного шва

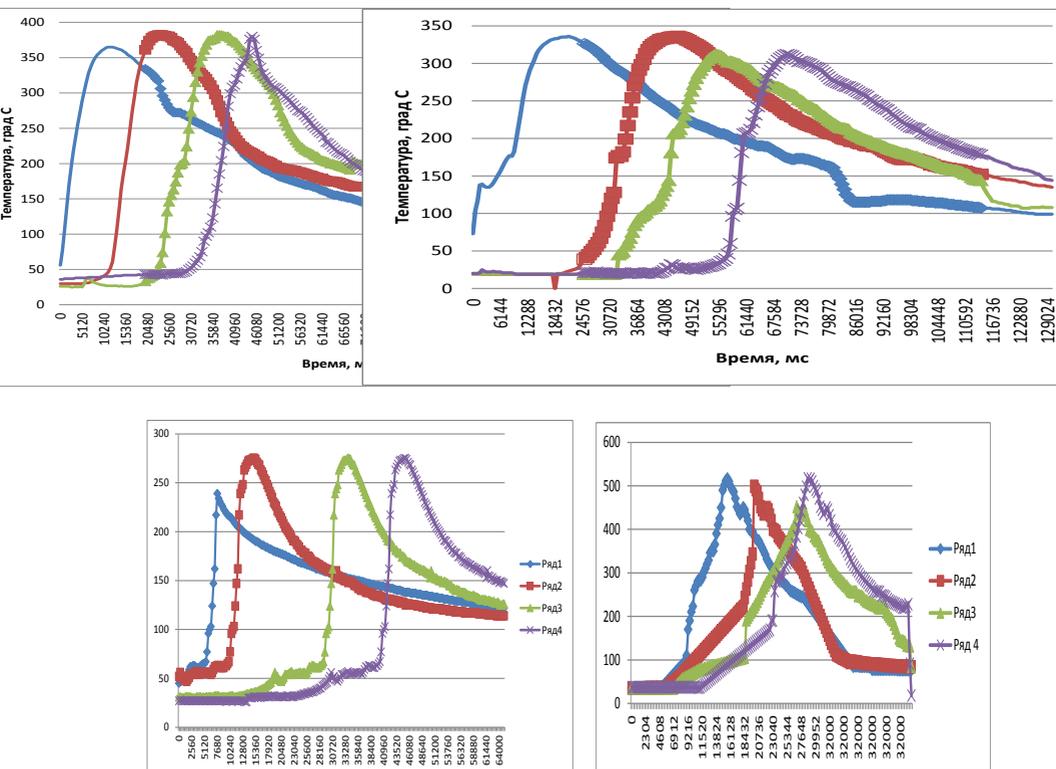


Рисунок 35 – Схема измерения температурных полей при сварке и построения графиков распределения температурных полей

Разработаны базовые параметры режимов сварки и технологических приемов сварки тонколистового проката воздуховодов сваркой плавлением типа «coldArc», «TIG», «MIG/MAG» для дальнейшей отработки технологии на реальных конструкциях в условиях максимально приближенных к производственным (таблица 8).

Таблица 8 – Базовые параметры режимов сварки тонколистовых газоплотных и взрывобезопасных элементов воздуховодов

Наименование материала воздуховода	Способ сварки	Тип соединения	Технологические параметры			
			I <sub>св</sub> , А	U <sub>св</sub> , В	V <sub>св</sub> м/час	V <sub>пр</sub> м/мин
Низкоуглеродистая сталь с оцинкованным покрытием	coldArc (MIG) <sup>1)</sup>	Н1 ГОСТ 14771	65,0	18,0-19,0	15-20	3,0
		«зиговка»				
Низкоуглеродистый тонколистовой прокат	TIG <sup>2)</sup>	C1 ГОСТ 14771	30-40	14-16	--	--
	MAG <sup>3)</sup>	Н1 ГОСТ 14771 «зиговка»	100-120	18-20	17-22	3,5
Высоколегированный тонколистовой прокат	TIG <sup>2)</sup>	C1 ГОСТ 14771	25-30	12-14	--	--
		C2 ГОСТ 14771	30-35	14-15	--	--
	MIG <sup>4)</sup>	Н1 ГОСТ 14771	35-55	11-12	20-25	3,0
		«зиговка»	45-60	12-14		3,2
Алюминиевый тонколистовой прокат	MIG <sup>5)</sup>	Н1 ГОСТ 14806	110-140	16-18	25-30	4,5
		C2 ГОСТ 14806				

<sup>1)</sup> сварочная проволока марки CuSi<sub>3</sub> диаметром 1,0 мм, защитный газ – аргон, сорт высший по ГОСТ 10157, расход газа 8-10 л/мин; <sup>2)</sup> без присадочного материала, защитный газ – аргон, сорт высший по ГОСТ 10157, расход газа 8-10 л/мин;

<sup>3)</sup> сварочная проволока марки Св-08Г2С, диаметром 0,8 мм, защитный газ – двуокись углерода жидкая, высшего сорта по ГОСТ 8050-85, расход газа 10-12 л/мин;

<sup>4)</sup> сварочная проволока марки Linkoln 308LSi, Ø1,0 мм, защитный газ – аргон, сорт высший по ГОСТ 10157; <sup>5)</sup> сварочная проволока марки AlMg5, диаметром 1,2 мм, защитный газ – аргон, сорт высший по ГОСТ 10157, расход газа 12-14 л/мин.

**«Строительные материалы и технологии 30»** «Научное обоснование тепло- массо- технологических принципов функционирования воздухоопорных конструкций различного назначения с применением энергоэффективных оболочек, обеспечивающих нормативные температурно-влажностные условия и снижение теплотерь в окружающую среду». Научный руководитель академик НАН Беларуси, д-р техн. наук Хрусталеv Б.М.

Белорусский национальный технический университет, НИЛ «Строительной теплофизики и инженерных систем зданий».

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 30» была представлена физико-математическая модель системы формирования микроклимата (СФМ).

Математическая модель СФМ, в которой все перечисленные показатели (исключением могут быть только размеры поверхностей, объемов и т.п.) были бы заданы в виде случайных величин процессов, значительно бы полнее отражала бы реальную действительность.

Рассмотрим выражение, по которому рассчитываются теплопотоки (поступления) при наличии воздухопотоков пневмоконструкций

$$Q_{\infty} = C_{\infty,1} m_{\infty,1} (t_{\infty,1} - t_{\infty,2}),$$

где  $C_{\infty,1}$ ,  $C_{об}$ , – теплоемкость;  $n$  – кратность воздухообмена;  $t_{\infty,1}$ ,  $t_{\infty,2}$ ,  $t_i$ , – температуры внутреннего и наружного воздуха, поверхностей ограждений и оборудования.

Этот процесс, обычно, случайный, который формируется из двух: изменений во времени температур наружного  $t_{\infty,2}(\mathbf{r})$  и внутреннего  $t_{\infty,1}(\mathbf{r})$  воздуха. Строго говоря, на процесс могут повлиять влияние и изменения во времени величин  $C_{\infty,1}$  и  $m_{\infty,1}$ . Если процессом изменения теплоемкости воздуха в ряде случаев можно пренебречь, то расход  $m_{\infty,1}$  в результате процессов изменения пористых структур или отказа ряда элементов система кондиционирования микроклимата (СКМ) может влиять на процесс  $Q_{\infty}(\mathbf{r})$ .

Следовательно, уравнение будет иметь вид

$$Q_{\infty}(r) = C_{\infty,1}(r) m_{\infty,1}(r) (t_{\infty,1}(r) - t_{\infty,2}(r)).$$

Если систему уравнений – баланса теплоты внутреннего воздуха и баланса теплоты оборудования представить подобным образом, можно получить систему стохастических дифференциальных уравнений, решение которых возможно лишь некоторыми численными методами, из которых наиболее перспективными является метод статистических испытаний.

Существенна формулировка задачи вероятностного анализа качества микроклимата на основе «Программы расчета теплоустойчивости» и других, более или менее сложных, но детерминированных алгоритмов оценка качества микроклимата термодинамических контактов с воздушными средами, в виде показателей теплоустойчивости, амплитуд и т. п. позволяет лишь косвенно и приближенно судить о действительных режимах реального микроклимата в пневмоопорных конструкциях. Заслуживает внимания статистический критерий оценки качества. Анализ качества СФМ может выполняться экспериментальными и теоретическими методами. В обоих случаях для того, чтобы дать практические рекомендации об их использовании или направлениях их дальнейшего развития и усовершенствования, необходимо определять вероятностные характеристики формируемого микроклимата при анализе термодинамических контактов пневмоопорных конструкций с окружающей средой.

СФМ отличаются весьма большим разнообразием видов, типов и условий функционирования. Определять фактическую обеспеченность микроклимата в конкретных многочисленных ситуациях дорого и неоперативно.

Таким образом, применение теоретического метода анализа качества связано с экспериментами по изучению как теплофизических процессов, протекающих в исследуемом объекте, так и случайных воздействий и отклонений. Результатами обработки экспериментальных данных являются те или иные вероятностные характеристики случайных величин и случайных функций, с помощью которых можно моделировать случайные отклонения параметров СФМ и возмущения, действующие на нее.

Далее задача анализа качества СФМ сводится к тому, чтобы по заданным вероятностным характеристикам случайных отклонений и случайных процессов, моделирующих случайные отклонения и возмущения, действующие на объект, определить вероятностные характеристики параметров микроклимата.

При математической формулировке задачи для краткости используется векторная форма записи. Пусть динамика процессов формирования микроклимата описывается операторным уравнением

$$\dot{X, Y, U, \chi, \tau} = 0; \quad F = (\tau = 0) = F_0, \quad (1)$$

где  $F$  – произвольный оператор (математическая модель СФМ);  $X = (x_1, x_2, \dots, x_m) - m$  – мерный вектор выходных фазовых координат СФМ, компонентами которого являются элементы микроклимата: температура воздуха и поверхностей, подвижность и влажность воздуха и т.д.;

$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n) - n$  – мерный вектор фазовых координат СФМ, компонентами которого являются возможные варианты СФМ, т.е. варианты ограждений  $\Pi_i (i = 1, 2, \dots, I)$ , варианты СКМ,  $Q_j (j = 1, 2, \dots, J)$ , освещения  $O_l (l = 1, 2, \dots, L)$ , солнцезащиты  $S_k (k = 1, 2, \dots, K)$ , и др., причем  $I + J + L + K = n$  (в классе задач анализа компоненты вектора  $Y$  задаются, а при проектировании оптимизируются при наложенных ограничениях на компоненты вектора  $X$  и на другие критерии качества);

$U = (v_1, v_2, \dots, v_s) - S$  – мерный вектор наружных и внутренних возмущений, компонентами которого вероятностные характеристики случайных процессов, описывающих ход температуры наружного воздуха, его влажности, скорости и направления ветра, интенсивности солнечной радиации и др.;

$X = (x_1, x_2, \dots, x_r) - r$  – мерный случайный вектор отклонения параметров СФМ от номинальных значений, компонентами которого могут быть отклонения от номинальных значений коэффициентов, теплопроводности и теплообмена, поглощения, отражения и излучения, отклонения в размерах элементов СФМ, показатели надежности СКМ и т.д.

На рисунке 36 представлена схема размещения перечисленных векторов.

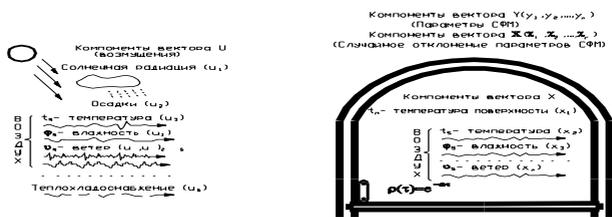


Рисунок 36 – Схема размещения векторов  $U, Y, X$

Систему уравнений (1), характеристики компонентов векторов  $Y$ ,  $U$ ,  $X$ , начальных условиях математические ожидания компонентов векторов  $X$ , т.е. вероятностные характеристики критериев характеристик микроклимата.

Вычисление распределения вероятностей выходных параметров в соответствии с законами распределения вероятностей оператора и возмущений сложно, и в настоящее время решается различными методами лишь для некоторых частных случаев. В работе предложен метод имитационного моделирования.

Теоретической основой метода имитационного статистического моделирования процессов формирования климата является закон больших чисел, из которого следует что среднее арифметическое всех значений случайной величины при неограниченном увеличении числа опытов приближается по вероятности к математическому ожиданию случайной величины. Наиболее подходящей областью применения методов статистических испытаний являются задачи, которые носят вероятностный характер, а определяемые величины по смыслу являются математическими ожиданиями. В настоящее время метод является наиболее перспективным для вероятностного исследования сложнейших реальных процессов, аналитическое изучение которых либо чрезвычайно громоздко и невыполнимо на инженерном уровне, либо вообще невозможно, а натурное воспроизведение сопряжено с большими материальными затратами или неосуществимо.

Именно такой задачей, носящей существенно вероятностный характер, и является задача исследования качества микроклимата, формируемого СФМ.

**«Строительные материалы и технологии 31»** «Разработка технологий устройства искусственных оснований в сложных инженерно-геологических условиях, обеспечивающих энергоэффективность их устройства и высокую эксплуатационную надежность возведенных на них фундаментов». Научный руководитель д-р техн. наук Пойта П.С. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра «Геотехники и транспортных коммуникаций».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 31» выявлены специфические особенности и закономерности уплотнения грунтовых оснований тяжелыми трамбовками с подошвами сферической формы; обоснованы оптимальные конструктивные параметры и формы тяжелых трамбовок при уплотнении оснований со сложными инженерно-геологическими условиями и предложены расчетные зависимости для выбора диаметра трамбовок от формы ее подошвы; – предложена методика учета неоднородности зоны уплотнения при расчетах несущей способности уплотненных оснований. Анализ проектирования искусственных оснований более чем по 30 объектам методами интенсивного ударного уплотнения показывал, что повышение экономичности принятых решений, снижение трудоёмкости при их возведении может быть достигнуто за счёт совершенствования как конструктивных, так и технологических параметров, определяющих выбранную технологию. Правильно выбранные конструктивно-технологические параметры позволяют получить качественное основание при минимальных энергозатратах, следовательно снизить сроки строительства и стоимость работ.

Экспериментальные данные также свидетельствуют о целесообразности увеличения массы трамбовок, что позволяет получить не только требуемую осадку поверхности грунта, с меньшими энергетическими затратами, но и более равномерное распределение плотности по глубине уплотняемой толщи.

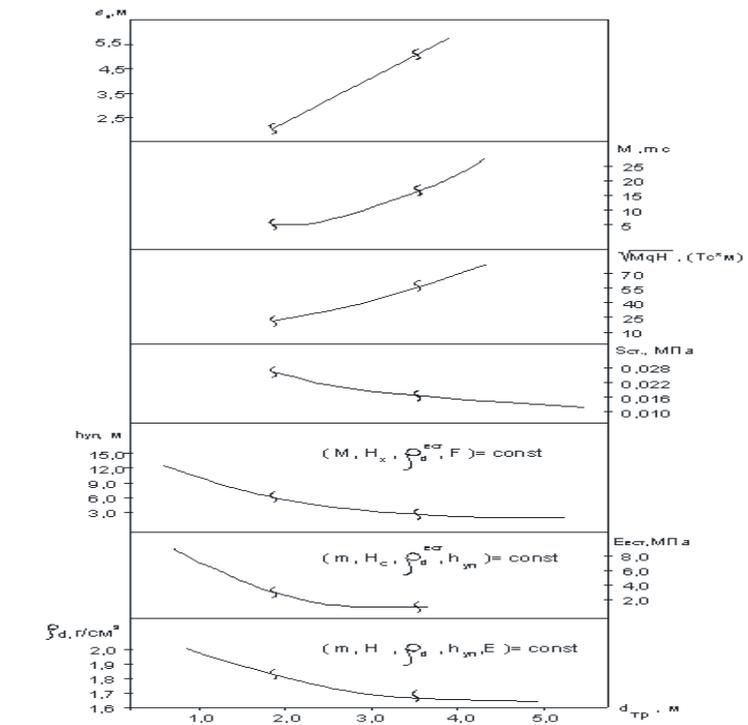
Исследования особенностей формирования зоны уплотнения показали, что в зоне уплотнения наблюдается в основном радиальное направление нормалей к площадкам главных деформаций сжатия и радиальные деформации преобладают над вертикальными, т. е. интенсивные удары трамбовок обуславливают на начальном этапе уплотнения сжатие центральной зоны (столба) грунта в области подошвы трамбовки, с последовательным радиальным его боковым расширением, которое и вызывает радиальное сжатие грунта в периферийной зоне. При этом если плотность грунта периферийной зоны относительно высокая, то радиальное сжатие зачастую сопровождается выпором грунта, что и определяет основные факторы механизма деформации периферийной зоны: естественная плотность грунта; степень радиального расширения и уплотнения грунта

в центральной зоне; величины сил трения на контакте центральной и периферийной зон.

Результаты исследований позволили получить расчетные зависимости оптимальных конструктивных параметров тяжелых трамбовок со свойствами грунтов уплотняемых оснований и технологическими параметрами, т. е.

$$d_{mp} = f P_d^{mp}, E_{есм} \quad \text{и} \quad d_{mp} = \varphi(h_{ym}, S_{ст}, M, H, \sqrt{MgH}, \epsilon_o),$$

по которым построены расчетные графики взаимосвязей (рисунок 38).



[ $M$  – масса трамбовки;  $h_{уп}$  – мощность уплотняемой зоны;  $\epsilon_o$  – расстояния между точками трамбования,  $MgH$  – энергия одиночного удара;  $E_{есм}$  – модуль деформации,  $S_{ст}$  – статическое давление на грунт]

Рисунок 37 – График взаимосвязи диаметров трамбовок со свойствами уплотняемых грунтов

**«Строительные материалы и технологии 32»** «Разработка новых конструктивных форм и методов рационального проектирования с применением эффективной металлической структурной конструкции системы «БрГТУ» для промышленного и гражданского строительства». Научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра строительные конструкции.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 32» разработана методика оценивания надежности конструкций системы «БрГТУ» на стадии проектирования методом прямого расчета вероятности отказа. Выполнена прямая вероятностная оценка надёжности конструкций купола покрытия Национального олимпийского комитета Республики Беларусь в г. Минске.



Рисунок 38 – Общий вид структурного купола здания Национального олимпийского комитета Республики Беларусь в Минске

Конструкция запроектирована в виде двухслойной оболочки из структурной системы «БрГТУ» с расстоянием между поясами 1640 мм. Внутренняя поверхность оболочки образована вращением кривой, состоящей из двух дуг окружностей с радиусом  $R_1=7,07$  м и  $R_2=33,0$  м. Купол Национального олимпийского комитета Республики Беларусь является покрытием офисного здания и относится к разряду уникальных сооружений. Для оценивания реальных запасов несущей способности конструкций купола был выполнен

нелинейный расчет с учетом перераспределения усилий между отдельными элементами системы. Для этого во все стержневые элементы врезались пластические шарниры, которые обеспечивали возможность расчета всех элементов структурной конструкции в физической и геометрической нелинейной постановке. Для моделирования пластических шарниров задавались полные деформирования стали и зависимости, устанавливающие взаимосвязь между усилиями в стержнях и линейными перемещениями, описывающими сближение или удаление концов элемента при сжатии или при растяжении соответственно. При выполнении нелинейных расчетов купол загружался снеговой нагрузкой ступенями от проектного значения нагрузки от снега до момента достижения системой предельного состояния её несущей способности.

По результатам численного эксперимента была получена диаграмма деформирования купола покрытия здания Национального олимпийского комитета в координатах «нагрузка на узел – максимальные перемещения центральных узлов».

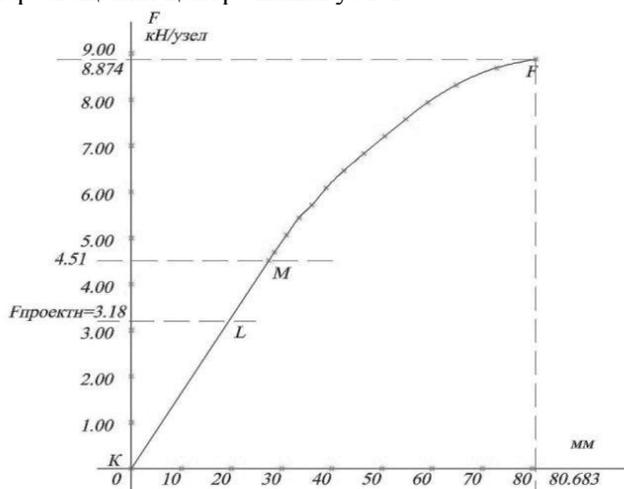


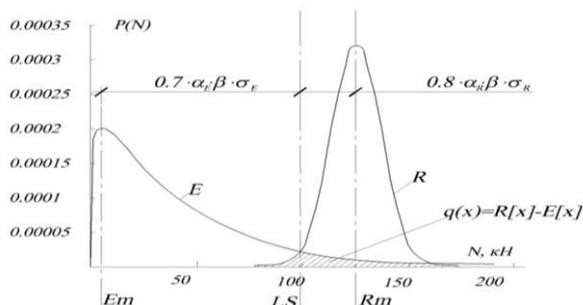
Рисунок 39 – Диаграмма деформирования купола здания в координатах «нагрузка на узел – перемещение центральных узлов»

Установлены характеристические участки деформирования сооружения. Участок диаграммы KL – работа конструкций купола в области проектных нагрузок. Участок LM – работа конструкций

купола до образования пластических шарниров в первых стержнях системы, происходит при превышении полной проектной нагрузки в 1,41 раза. Участок MF – накопление повреждений в результате искривления сжатых стержней и пластического деформирования растянутых стержней и накопление остаточных деформаций купола. Для исследуемой системы: общее количество стержней в куполе 4949 штук, в момент разрушения расчетной модели купола исчерпали несущую способность 498 стержней, разрушающая узловая нагрузка составила 8,88 кН, проектная узловая нагрузка имела значение 3,18 кН.

Построение диаграмм деформирования структурных конструкций системы «БрГТУ» дают возможность описать процесс накопления повреждений сооружений и определить уровни запаса несущей способности для всех этапов проектного и особого нагружений.

Выполнен прямой метод расчета надёжности купола Национального олимпийского комитета Республики Беларусь путём статистического моделирования и получены функции распределения для сопротивления элемента ( $R$ ) и соответствующего эффекта воздействия ( $E$ ) (рисунок 40).



(LS – Limite State – граница безопасной работы элемента в составе системы)

Рисунок 40 – График предельного состояния структурной конструкции

Проведены расчеты вероятности отказов конструкций купола Национального олимпийского комитета и определены индексы надежности для всех этапов проектного и особого нагружений (таблица 9).

Таблица 9 – Значения индекса надежности и вероятности отказа на различных этапах нагружения.

$\beta$	$P_f$	Этап нагружения
7.560	$2.00255 \cdot 10^{-14}$	проектная нагрузка
6.065	$6.5696 \cdot 10^{-10}$	образование шарнира
5.967	$1.204 \cdot 10^{-9}$	потеря устойчивости стержня
3.8	$10^{-4}$	нормируемые значения

Методика прямого расчета вероятности отказа и определения индекса надёжности устанавливает критерии живучести структурных конструкций системы «БрГТУ», подвергаемых прогнозируемым воздействиям, и позволяет выполнить оптимизацию элементов конструкции.

**«Строительные материалы и технологии 33»** «Разработка новых технологий и импортозамещающего оборудования для измельчения кровельных битумных отходов и битумов твердых марок в вяжущий порошок для производства на его основе экологически чистых строительных материалов». Научный руководитель канд. техн. наук Устинов Б.С. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра архитектурного проектирования и рисунка.

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 33» создан комплект кровельных и перерабатывающих машин:



MPK-1



MPK-2



MPK-3



MPK-4



MPK-5

Машины для резки кровли МРК



ИТБ-1



ИТБ-3



ИТБ-2



ИТБ-4

### Измельчители твердых битумов ИТБ



### Классификаторы битумного порошка

**«Строительные материалы и технологии 34»** «Разработка положений вероятностной деградационной модели железобетона, применяемой для расчетных оценок долговечности и нормирования срока службы вновь проектируемых и существующих строительных объектов». Научный руководитель д-р техн. наук Тур В.В. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра технологии бетона и строительных материалов.

По заданию «Строительные материалы и технологии 34» в результате исследований выполнен анализ механизмов коррозии бетона и железобетона при совместном влиянии окружающей среды и воздействий на конструкции. Разработаны методы установления нормируемых значений индексов надежности существующих зданий и сооружений. Разработка основных положений модели сопротивления железобетона с учётом деградационных повреждений.

**«Строительные материалы и технологии 35»** «Разработка научно-теоретических основ получения эффективных высококачественных бетонов и повышения эксплуатационной надежности путем управляемого структурообразования». Научный руководитель канд. техн. наук Павлова И.П. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра технологии бетона и строительных материалов.

В рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» разработана методика подбора составов тяжелых бетонов с заданными эксплуатационными параметрами с учетом использования местных сырьевых ресурсов в соответствии с основными параметрами бинарной упаковки. Разработаны технологические регламенты при ведении монолитных работ с применением бетонов с заданными повышенными эксплуатационными характеристиками, включая напрягающие и бетоны высокой водонепроницаемости.

На рисунке 41 представлен план аквазоны аквапарка проектируемого в г. Солигорске с применением в конструкции ванны напрягающего бетона.

На рисунке 42 схема устранения дефекта в технологическом шве при ремонте резервуаров по объекту «Строительство системы сбора, очистки и транспортировки промдождевых стоков предприятий РУП Производственное объединение «Беларуснефть».

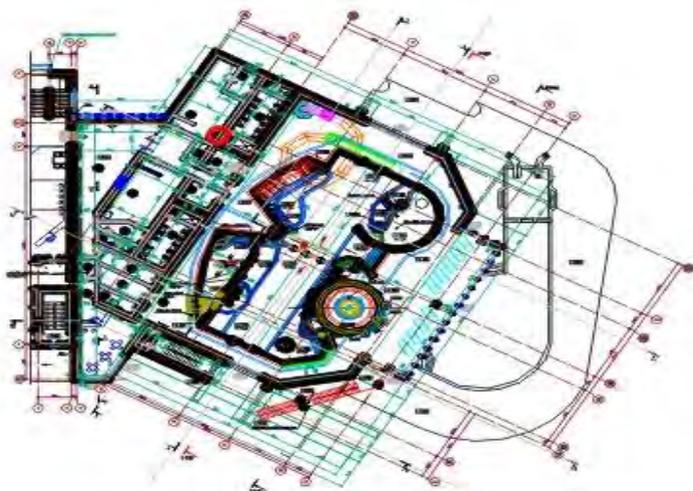
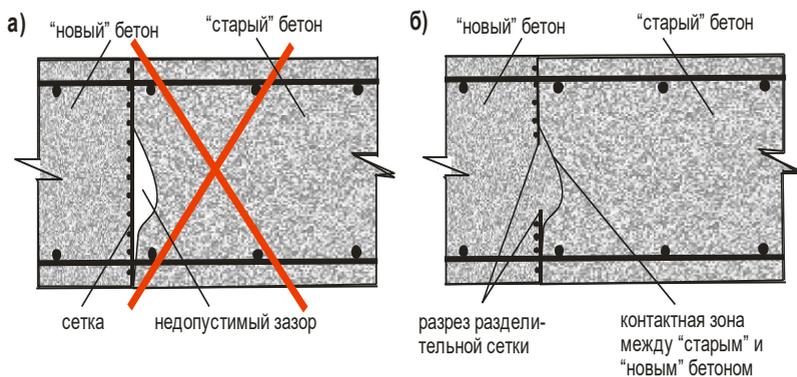


Рисунок 41 – План аквазоны



а – схема шва с недопустимым дефектом; б – схема шва с устраненным дефектом

Рисунок 42 – Схема устранения дефекта в технологическом шве

**«Строительные материалы и технологии 36»** «Создание методологии построения экспертных систем управления разработкой и внедрением гармонизированных с европейскими нормами стандартов в области строительства по критерию допустимого риска». Научный руководитель д-р техн. наук Серенков П.С. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Стандартизация метрология и информационные системы».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 3б» обоснована целесообразность применения экспертной системы в рамках системы менеджмента рисков для управления процессом разработки гармонизированных с европейскими нормами стандартов в области строительства на основе допустимого риска.

Создана общая методология экспертной системы для управления процессом разработки и внедрения гармонизированных стандартов в области строительства на основе допустимого риска, как комплекса последовательных моделей (модели процессов, модели данных и модели системы поддержки принятия решений), исследованы их элементы с позиций адекватности, применимости, эффективности.

С приходом рыночных отношений в сферу строительства, все больше усиливается важность учета различных рисковых ситуаций и форс-мажорных обстоятельств. Последствия риска ложатся не только на строительную организацию в виде, прежде всего, финансовых потерь, но и непосредственно на потребителя. Все виды рисков можно разделить на две группы.



Непосредственную ответственность за создание эффективной нормативной базы в области строительства несет стандартизация. В этой связи вполне закономерно стремление к применению лучших практик, в качестве которых выступают европейские и международные стандарты. В качестве инструмента для решения такой задачи выступает процесс гармонизации нормативной базы в строительстве, являющийся необходимым условием для реализации

экспортной стратегии любого государства. Процесса гармонизации в Республике Беларусь протекает в условиях быстрого развития и экономической интеграции в Таможенный Союз, ЕврАзЭС, Европейский Союз. Решение Совета Министров Республики Беларусь о переходе в регламентировании требований к материалам и технологиям в области строительства на европейские нормы (EN) послужило толчком к резкому росту слабо управляемого потока подлежащих анализу и гармонизации требований и документов. Повышает риск принятия в качестве государственных стандартов, европейских документов, неадаптированных для наших условий строительства и эксплуатации строительных конструкций. Имеется целый ряд негативных примеров, когда принятые государственные стандарты на основе нормативных документов европейских стран, содержащие требования к строительным материалам, компонентам, технологиям, буквально противоречили существующей практике, приводили к коллапсу деятельности, значительным экономическим потерям, связанным с недопоставками, несоответствием требованиям, повторными процедурами испытаний, сертификации. Проведение подробного анализа деятельности по стандартизации в данной области позволило оценить ситуацию с процессом гармонизации в целом, а также выявить целый ряд проблем различного характера и выработать необходимые подходы для оценки и анализа рисков. Сложившаяся ситуация требовала разрешения на уровне специальных решений Госстандарта Республики Беларусь. В результате, был инициирован проект по разработке методологии управления стандартизацией по критерию допустимого риска при помощи экспертной системы – как решение сложившихся проблем.

Для эффективного управления процессами гармонизации, а также для повышения результативности от вновь разрабатываемых стандартов, в рамках проводимых исследований разрабатывается специальный механизм оценивания, анализа и управления рисками стандартизации в области строительства, который рассматривается как единая экспертная система. Весь комплекс проводимых исследований формирует информационную составляющую такой системы. Определены основные группы внешних и внутренних критериев, которые будут обеспечивать адекватность поставленным целям и задачам предлагаемой модели алгоритма функционирования системы поддержки принятия решений, разработаны алгоритмы

формирования и функционирования экспертной системы. Для целей разрабатываемой экспертной системы необходимо определить и выработать специальный подход к установлению допустимого риска. Исходя из того, что задача нормирования риска является с одной стороны задачей оптимизации с учетом собственно безопасности, а также экономического фактора, с другой стороны – имеет сложную морально-этическую составляющую, то в вопросах, касающихся стандартизации как системного источника риска, приходится применять специальные подходы, чтобы избежать количественных ошибок, а также на качественном уровне определить приемлемое толкование самого понятия и приписываемых значений. Общая концепция нормирования риска, предлагаемая в рамках рассматриваемой методологии, включает в себя следующие основные компоненты: шкалу нормирования риска, соответствующую шкале оценки риска; базовые точки приемлемости, характеризующие нормы риска в наиболее общем смысле в отличие от оценки, которая ограничена только пределами шкалы; обобщенные группы факторов (критериев), применяемых для конкретизации нормы риска для конкретного случая применения, и методика количественной конкретизации.

Алгоритм нормирования риска выглядит следующим образом:

1. Определение базовой нормы риска, используя некоторые аспекты FMEA-анализа (10-бальная шкала и подходы к определению уровня значимости). Базовая норма риска считается относительно постоянной, пересматривается периодически по мере необходимости. На текущий момент в оценках по предложенной шкале полезности базовая норма риска имеет количественную оценку 3 балла, что соответствует минимально допустимой полезности, характеризующей приемлемое качество процесса разработки стандарта;

2. Определение поправок (последствий) по матрице содержащей рекомендуемые оценки в зависимости от конкретного стандарта и от соответствующего ему варианта критерия «объект+аспект»;

2.1. СТБ ЕН 12898-2007 «Стекло в строительстве. Определение коэффициента излучательной способности».

Объект – строительные материалы и изделия. Аспект – стандарт на продукцию. Поправки –  $b_1 = 2$ ,  $b_2 = 3$ ,  $b_3 = 2$ ,  $b_4 = 2$ .

2.2. ТКП 45-1.01-159-2009 «Строительство. Технологическая

документация при производстве строительно-монтажных работ. Состав, порядок разработки, согласования и утверждения технологических карт». Объект – строительные материалы и изделия. Аспект – прочие стандарты. Поправки –  $b_1 = 1$ ,  $b_2 = 1$ ,  $b_3 = 1$ ,  $b_4 = 1$ .

3. Конкретизация поправок (последствий) при необходимости в сторону уменьшения или увеличения.

4. Определение допустимого риска:

4.1. СТБ ЕН 12898-2007 «Стекло в строительстве. Определение коэффициента излучательной способности» – Р = 6,741;

4.2. ТКП 45-1.01-159-2009 «Строительство. Технологическая документация при производстве строительно-монтажных работ. Состав, порядок разработки, согласования и утверждения технологических карт» – Р = 3,5.

Полученные значения носят предварительный характер и используются, прежде всего, на этапе тестирования экспертной системы как программного продукта.

**«Строительные материалы и технологии 37»** «Моделирование высококачественного бетона на основе современных представлений о его фазовом составе методами микромеханики». Научный руководитель канд. техн. наук Трещачко В.М. «Белорусский национальный технический университет», НИИ промышленное и гражданское строительство.

В рамках задания «Строительные материалы и технологии 37» получены математические выражения для вычисления макроскопических деформаций и напряжений материала с учетом фаз его компонентов, выражения для тензоров жесткости и прочности материала с учетом фаз его компонентов для различных схем гомогенизации. Проведены численные исследования двухфазных композиционных изотропных материалов со сферическими материальными фазами для различных подходов гомогенизации (полуконсисцентная, Мори-Танаки), двухфазных композиционных изотропных материалов со сферическими с эллипсоидными и цилиндрическими (игольчатыми) материальными фазами для различных подходов гомогенизации (полуконсисцентная, Мори-Танаки), составлены и проанализированы зависимости между эффективным модулем упругости и объемами компонентов.

**«Строительные материалы и технологии 38»** «Создание эффективных ультралегковесных огнетеплозащитных гранулированных материалов на базе вермикулитового концентрата и белорусских глинистых минералов и организация производства изделий на их основе для промышленного и гражданского строительства». Научный руководитель чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук Пантелеенко Ф.И., Белорусский национальный технический университет, НИИЛ сварки родственных технологий и неразрушающего контроля.

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 38» проведен анализ перспективных методов термовспучивания вермикулита. Установлено, что оптимальным и наиболее перспективным является метод СВЧ вспучивания, как наиболее экономический эффективный, за счет меньших энергозатрат, отсутствия дорогостоящих теплоизоляционных материалов, отсутствия вредных выбросов и наибольшего коэффициента вспучивания материала. Для подбора оптимальных параметров электромагнитного поля, воздействующего на материал, определения технологических параметров режима вспучивания и изучения кинетики процесса вспучивания с целью получения изделий с требуемыми эксплуатационными свойствами создана лабораторная установка на базе микроволновой печи со следующими характеристиками:

Колебательная мощность в рабочей камере	– не более 0,9 кВт
Напряжение питающей сети	– 220 В
Начальная влажность материалов	– не более 5 %
Конечная влажность материалов	– 0 – 0,5 %
Вес загрузки рабочей камеры	– 300 г
Производительность	– не менее 25 кг/ч

Метод СВЧ вспучивания вермикулита имеет следующие преимущества по отношению к ранее рассмотренным способам:

– технология экологически чистая, т. к. отсутствуют продукты горения;

– технологическое оборудование не требует теплоизоляции, так как температура в реакторе при СВЧ обработке и при интенсивном паровыделении и подаче воздуха снизу не превышает 200 °С;

– размер частиц вермикулита не влияет на качество вспучивания, так как нагрев материала происходит по всему объему одновременно;

– отсутствует перегрев материала, что влечет за собой рассыпание вермикулитных зерен – температура действует только при наличии влаги;

– вспучивание материала происходит эффективнее, что позволяет увеличить производительность установки по отношению к существующим методам, а полнота вспучивания уменьшает насыпную плотность до 50 %. Это позволяет изготавливать более дешевые изделия с меньшим весом.

Проанализирован комплекс основных физических, механических, химических свойств термовспученного вермикулита, в конечном итоге оказывающих непосредственное влияние на технико-эксплуатационные характеристики теплоизоляционных материалов. Определена методология измерения указанных характеристик вермикулита.

Технологическая схема получения термовспученного вермикулита предполагает следующий алгоритм.

Подготовка сырья:

– сырье, поступающее для вспучивания должно иметь влажность не более 6 % для обеспечения достаточной сыпучести при загрузке в установку;

– материал должен поставляться в мягкой упаковке (мешки, биг-бэги) весом 50 кг или 800 кг соответственно для удобства транспортирования и загрузки в установку.

Принципы работы установки:

– материал загружается в приемный бункер с помощью тельфера;

– крышка бункера закрывается и установка готова к работе;

– после включения установки материал из приемного бункера поступает в реактор высокочастотного излучения, где происходит вспучивание вермикулита и удаление пустой породы;

– вспученный вермикулит по воздухопроводу поступает в воздушный классификатор для разделения вспученного вермикулита по фракциям;

– из классификатора воздух с пылью поступает в кассетный воздушный фильтр, после чего очищенный воздух сбрасывается в атмосферу.

Меры безопасности при эксплуатации установки:

- при работе установки все открытые места (крышки, люки, двери и т.п.) должны быть закрыты;
- подача свежего воздуха выброс отработанного воздуха должны производиться через металлическую сетку сечением менее 3 мм (сетка служит экраном);
- зона установки должна быть дополнительно экранирована сеткой;
- система автоматики должна блокировать запуск установки в случае нарушений.

Исследование полученных термовспученных образцов позволило сделать следующий вывод: Вермикулит из биотитовых слюд как имеющий кубовидную структуру и меньшее количество открытых пор наиболее эффективен для производства теплоизоляционных изделий. Вермикулит из флогопитовых слюд имеющий большее количество открытых пор, меньшую плотность и соответственно меньшую теплопроводность наиболее эффективен при свободной засыпке в теплоизоляции. Температура применения вермикулита из биотитовых слюд ограничивается 900 °С из-за наличия железа в его химическом составе, а вермикулита из флогопитовых слюд до 1200 °С, что связано с большим количеством магния.

**«Строительные материалы технологии 39»** «Разработка теории нелинейных процессов локализации деформации в конструкционных материалах типа бетона» Научный руководитель д-р физ.-мат. наук Князев М.А. Белорусский национальный технический университет, лаборатория прикладной физики и информатики.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 39» с использованием метода Хироты получено выражение для решения, описывающего двухсолитонное состояние флуктуации деформации в упругопластической модели с учетом диссипации. Исследовано поведение полученного решения в зависимости от параметров модели и параметров решения. Поведение решения существенно зависит от коэффициента диссипации, и в диапазоне малых значений коэффициента диссипации заметно проявление волновых свойств решения. Зависимость решения от параметра, описывающего неоднородность внутренней структуры материала, не значительна. Влияние свободных параметров решения определяется граничными условиями задачи.

Для обобщенной нелинейной упругопластической модели, описывающей деформирование стержня из конструкционного материала, в случае учета процессов диссипации энергии построено решение, соответствующее связанному состоянию двух солитонов. Особенностью модели является учет зависимости текучести материала не только от напряжения и деформации, но также и от градиента деформации второго порядка. Изучено поведение возмущений полной деформации в одномерном стержне на стадии деформационного разупрочнения. Задача рассмотрена в квадратичном приближении по величине деформаций для диаграммы материала. Обосновано применение прямого метода Хироты решения нелинейных уравнений математической физики для решения уравнения движения в данной модели.

Для частных случаев соотношений между параметрами решения найдена в явном виде связь между односолитонным и двухсолитонными решениями. Если влияние диссипативных процессов в системе не велико, то в ней возникают тенденции формирования осцилляций. И хотя число этих осцилляций конечно и они носят нерегулярный характер, тем не менее они отчетливо проявляются в случае, когда коэффициент затухания мал, и разница между максимальными значениями функций, описывающих односолитонное и двухсолитонное состояния, достаточно хорошо заметна.

Построены рациональные решения, соответствующие односолитонному и двухсолитонному случаям. В общем случае рациональное решение, относящееся к двухсолитонному случаю, имеет достаточно громоздкий вид. Однако для частного случая равенства параметров решения, соответствующих в линейном приближении волновому числу. Для него можно получить простое выражение вида  $\varepsilon = -4\beta^2/(3+2kx-\alpha kt)^2$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  – параметры модели. Такое решение описывает режим распространения деформации, при котором компоненты двухсолитонного решения одинаковы и их взаимодействие между собой является достаточно слабым, так, что в некотором приближении двухсолитонное решение можно представить как сумму двух односолитонных решений плюс малая поправка.

Исследованы закономерности поведения двухсолитонного решения зависимости от параметров модели. Когда влияние параметра, описывающего затухание или диссипацию, мало,

диссипативные процессы не оказывают заметного влияния на профиль решения. По мере роста данного параметра, вид решения все больше подобен решению в виде солитона, что указывает на протекание процесса установления баланса между дисперсией и нелинейностью. Если же затухание велико, то в рассматриваемой системе формируются устойчивые солитонные состояния.

Исследование зависимости решения от параметра, характеризующего неоднородность внутренней структуры материала, показывает, что в случае, когда затухание мало, этот параметр существенно влияет на высоту солитона, а значит и на величину деформации. Чем больше размеры неоднородностей внутри материала, тем больше вероятность возникновения на них флуктуаций деформации и тем больше их величина. Следовательно, если при изготовлении композиционного материала использовать компоненты, внутренняя структура которых характеризуется наличием больших неоднородностей, или технология изготовления материала такова, что в нем будут формироваться неоднородные области, то прочность такого материала будет невысока. Увеличение параметра неоднородности первоначально не влияет значительным образом на поведение решение, но затем, когда этот параметр принимает большие значения, становится возможным при некоторых значениях других параметров модели различать вклады в двухсолитонное решение от отдельных односолитонных составляющих.

**«Строительные материалы и технологии 40»** «Разработка композиционных дорожных материалов на основе отходов железобетонных изделий и модифицирующих добавок с регулируемой прочностью, скоростью отверждения и пониженным пылевыделением». Научный руководитель д-р техн. наук Бусел А.В. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Технология бетона и строительные материалы».

В рамках задания «Строительные материалы и технологии 40» в процессе работы исследованы составы самоотверждающихся смесей на основе сталеплавинных шлаков и дробленого бетона. Разработана методика количественной оценки пылящей способности, основанная на установке для определения стойкости покрытий к истирающему действию падающего песка по ГОСТ 20811-75. Анализ результатов показал, что такой способ может быть применен для

оценки пылящей способности малопрочных составов в лабораторных условиях, при этом его реализация не требует сложного оборудования.

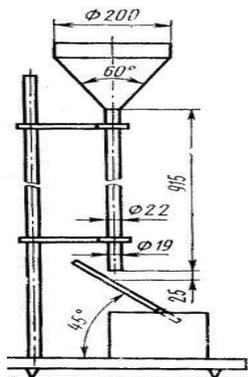


Схема установки для определения истираемости образцов

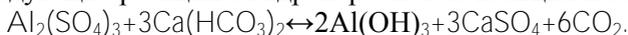


Образец во время испытаний

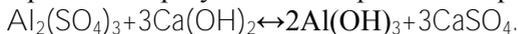
Разработаны составы с возможно меньшей пылящей способностью, а так же пропиточные составы на основе битумных эмульсий для полного обеспыливания слоев. На основе проведенных опытных работы были разработаны рекомендации по технологии устройства дорожных конструкций из исследуемых материалов и технологический регламент.

Предложена теория химических процессов, происходящих при затворении исследуемых материалов сульфатом алюминия (быстрое схватывание, газовыделение, набор прочности).

Так, из практики водоочистки, где применяется сульфат алюминия в качестве эффективного коагулянта, известно, что происходят следующие реакции с гидрокарбонатом кальция и с известью:



При этом образуется гелеобразный гидроксид алюминия:



Хлопья гидроксида алюминия захватывают взвешенные и коллоидные вещества и при благоприятных гидродинамических условиях быстро осаждаются.

Гидратная известь в шлаке присутствует, поскольку свободный СаО входит в состав шлаков, и он гидратируется при хранении в отвале. В последствии образуется гидрокарбонат кальция, аналогично как он образуется в высолах на поверхности цементных бетонов при фильтрации грунтовых вод. Образование его идет наряду с процессом карбонизации гидратной извести под действием углекислого газа при наличии воды. Все составляющие такого процесса происходят при хранении шлака в отвале, а так же после отсева мелкой фракции и складирования ее во влажном виде под открытым небом. Частицы же шлака, полученные дроблением из крупных зерен, не пребывали в таких условиях.

Можно сделать вывод, что предположение о схожем характере схватывания исследуемой смеси с ложным схватыванием цементов правомерно. Это означает, что при использовании смесей с данным типом активаторов проблема раннего схватывания может быть решена. При этом применение пластификатора позволяет высвободить достаточное количество воды в смеси, чтобы в момент преждевременного (ложного) схватывания смесь можно было бы продолжать перемешивать.

Анализ результатов исследований показывает целесообразность дальнейших исследований способов применения активированных сталеплавильных шлаков в строительстве. Это позволит расширить сырьевую базу, снизить экологическую нагрузку от металлургического производства, а также снизить стоимость строительства.

Эффективность применения разработанных смесей заключается в снижении затрат на содержание хранилищ отходов одновременно с заменой щебня из горных пород более дешевым шлаковым и бетонным.

Предложенные технологии используют распространенное оборудование и не сложны в освоении. Разработан технологический регламент на технологию устройства дорожных конструкций из материала на основе отходов железобетонных изделий.

Полученные данные об активации сталеплавильных шлаков могут служить в качестве предпосылок для дальнейших исследований и разработок способов их применения в строительстве.

**«Строительные материалы и технологии 41»** «Разработка теории компьютерного термографирования предельного состояния материалов строительных конструкций и экспериментальное обоснование методологии контроля эксплуатационной надежности несущих строительных конструкций при нормальных и повышенных температурах». Научный руководитель д-р физ.-мат. наук Василевич Ю.В. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Сопrotивление материалов машиностроительного профиля».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 41» установлена закономерность изменения температуры по толщине ограждающих конструкций типа пластин определена отношением внутреннего термического сопротивления теплопроводности к внешнему термическому сопротивлению теплоотдачи.

Исследованы и описаны три практически важные случаи распределения температурного поля по толщине пластин в зависимости от геометрических характеристик и физико-механических параметров материала конструкций. Разработан метод расчета термонапряженного состояния пластин, обладающих анизотропными свойствами.

Разработана методика исследования термомеханических свойств материалов. Расчет распределения температуры по толщине пластин, которыми можно моделировать строительные конструкции в виде стен, потолков, полов и т.п., представляет сложную задачу. Плотность теплового потока  $q$  (Вт/м<sup>2</sup>) характеризует количество теплоты, проходящее в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности.

Поскольку экспериментальное определение величины  $q$  сопряжено с большими трудностями, то определяют скорость охлаждения, которая пропорциональна плотности теплового потока. Согласно основному закону теплопроводности плотность теплового потока пропорциональна градиенту температуры:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}$$

где  $\lambda$  (Вт/(м·К)) – коэффициент теплопроводности;  $\partial t/\partial n$  – производная температуры по нормали  $n$  к изотермической поверхности

знак «минус» указывает, что векторы  $q$  и  $\text{grad } t$  лежат на одной прямой и направлены в противоположные стороны.

Самой большой плотностью теплового потока будет та, которая рассчитана вдоль нормали к изотермическим поверхностям. Теплоотвод происходит в окружающую среду, имеющую постоянную температуру  $t_{\text{ср}}$ .

Коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_i$  ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ),  $i = 1, 2$ , на поверхностях пластины являются постоянными величинами и в общем случае  $\alpha_1 \neq \alpha_2$ . Температура пластины изменяется только по толщине, то есть в направлении оси  $x$ .

Поэтому  $\partial t / \partial y = \partial t / \partial z = 0$  и задача становится одномерной. Начальное распределение температуры описывается некоторой заданной функцией  $t(x, 0) = f(x)$ . Отсчет температуры во времени будем вести от температуры окружающей среды. Разность между температурой  $t$  пластины и температурой среды  $t_{\text{ср}}$  называется избыточной температурой  $\theta = t - t_{\text{ср}}$ .

При отсутствии внутренних источников теплоты в пластинке дифференциальное уравнение теплопроводности принимает форму

$$\text{уравнения Фурье } \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$$

где  $a$  ( $\text{м}^2/\text{с}$ ) – температуропроводность, является мерой теплоинерционных свойств тела.

В случае, когда теплота передается с поверхности пластины с разной теплоотдачей, должен существовать максимум температуры внутри пластины. Изотермическая поверхность, соответствующая максимальной температуре, разделяет пластину на два слоя. Максимальное значение температуры соответствует условию  $d\theta/dx = 0$ . Пусть  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  коэффициенты теплоотдачи на левой и правой поверхностях пластины. Не нарушая общности, предположим, что  $\alpha_2 > \alpha_1$ ; толщина пластины равна  $d$ . Поскольку  $\lambda$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  имеют постоянные значения, то есть рассматриваемые материалы являются однородными, примем, что изотермическая поверхность с максимальной температурой расположена на расстоянии  $d_1$  от левой поверхности пластины. На ней расположим систему координат, рисунок 44.

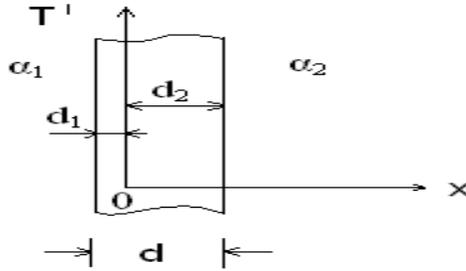


Рисунок 44 – Пластина, разбитая изотермической поверхностью ( $T = \theta/\theta_0$  – безразмерная температура)

Тогда

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{d_1}{d - d_1}$$

Из данного равенства находим

$$d_1 = \frac{\alpha_1 d}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad \text{и} \quad d_2 = \frac{\alpha_2 d}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

Начальное и граничные условия при  $\alpha_1 \neq \alpha_2$  запишем в виде:  
 начальные условия при  $\tau=0$   $\theta = \theta_0 = f(x) - t_{cp} = F(x)$ ;

граничные условия при  $x = \frac{\alpha_2 d}{\alpha_1 + \alpha_2}$   $\frac{\partial \theta}{\partial x} = -\frac{\alpha_2}{\lambda} \theta$ ;

$$\text{при } x = 0 \quad \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0; \quad \text{при } x = -\frac{\alpha_1 d}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad \frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{\alpha_1}{\lambda} \theta.$$

Для нахождения распределения температуры по толщине пластины необходимо рассмотреть два слоя, на которые разбита пластина изотермической поверхностью.

Для правого слоя пластины при  $x = 0$   $\frac{\partial \theta}{\partial x} = 0$ ;

при  $x = \frac{\alpha_2 d}{\alpha_1 + \alpha_2}$   $\frac{\partial \theta}{\partial x} = -\frac{\alpha_2}{\lambda} \theta$ ;

Для левого слоя пластины при  $x = 0$   $\frac{\partial \theta}{\partial x} = 0$ ;

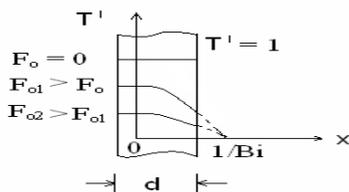
$$\text{при } \chi = -\frac{\alpha_1 d}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad \frac{\partial \theta}{\partial \chi} = \frac{\alpha_1}{\lambda} \theta.$$

На основании данного материала можно сделать следующие выводы:

- Тепловые режимы охлаждения пластины определяются величиной критерия Био, представляющей отношение внутреннего термического сопротивления теплопроводности к внешнему термическому сопротивлению теплоотдачи

$$Bi = \frac{d/\lambda}{1/\alpha}$$

- При малой толщине пластины, больших значениях коэффициента теплопроводности  $\lambda$  и малых значениях коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  безразмерное число  $Bi \rightarrow 0$  (практически  $Bi < 0,1$ ). Процесс охлаждения пластины определяется интенсивностью теплоотдачи с ее поверхности или внешним термическим сопротивлением. Выравнивание температуры по толщине происходит намного быстрее, чем отвод тепла с поверхности. Распределение температуры по толщине пластины можно считать однородным (левый слой, рис. 45).



( $F_0 = \alpha t/d^2$  – число Фурье безразмерное время,  $X = x/d$  – безразмерная координата)

Рисунок 45 – Распределение температуры по толщине пластины

- При заданных геометрических и физических параметрах пластины, когда наблюдается мощный отвод тепла от ее поверхности, при этом  $\alpha \rightarrow \infty$ , а  $Bi \rightarrow \infty$ , процесс охлаждения определяется ее геометрическими и физическими параметрами. Температура на поверхности с мощной теплоотдачей будет равна температуре

окружающей среды ( $T' = 0$ ,  $\theta = 0$ , следовательно  $\theta = t - t_{cp} = 0$  и  $t = t_{cp}$ ).

- В случае когда  $0,1 \leq Bi < 100$ , процесс охлаждения пластины определяется отношением внутреннего термического сопротивления тела  $d/\lambda$  к внешнему термическому сопротивлению теплоотдачи  $1/\alpha$  (правый слой, рис. 45).

2.3. В 2012 г. опубликовано научных работ по заданиям программы:

всего – 158, из них:

- монографий – 2;
- учебников и учебных пособий – 6;
- сборников научных трудов – 1;
- справочников и энциклопедий – 1;
- научных статей и докладов – 116;

в том числе за рубежом:

- монографий – нет;
- научных статей и докладов – 33

2.4. По заданиям программы в 2012 г.:

- *открыто научных законов* – нет
- *открыто новых научных закономерностей* – 25:

- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 04» закономерность формирования алюминий – и железозамещенных гидросиликатов кальция различной основности в продуктах твердения автоклавного ячеистого бетона;

- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» закономерность изменения механической прочности при изгибе полуфабриката керамической плитки в зависимости от количества армирующей структуры добавки стекловолокна после формования и сушки;

- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» закономерность изменения механической прочности при изгибе полуфабриката керамической плитки в зависимости от количества армирующей структуры добавки волластонита после формования и сушки;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» закономерность изменения плотности, вязкости, коэффициента загустеваемости шликеров от вводимых неорганических и органических электролитов, что позволило снизить влажность шликера на 2–3 % и, тем самым, сократить расход тепла на термическое обезвоживание и получение пресс-порошка с влажностью 5–6 % для производства керамических плиток для полов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» закономерность изменения структуры, фазового состава и основных характеристик керамических стеновых материалов в зависимости от вида и количества вводимого каолина в состав композиций с легкоплавкими и тугоплавкими глинами, а также технологических параметров синтеза;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 09» закономерность соответствия активности трепела Хотимского месторождения (Беларусь) фракции  $\leq 0,1$  мм активности аэросила технического;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 12» закономерность влияния низкомолекулярных электролитов на конформацию молекул полиэлектролитов в процессе водоподготовки на теплоэлектроцентралях;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14» получены расчетно-экспериментальные модели (две штуки) карбонизации во времени по сечению бетона классов по прочности  $C^{12}/_{15} \div C^{30}/_{37}$  для условий открытой атмосферы, областей обычной и ускоренной карбонизации;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 18» закономерность снижения поправочного коэффициента  $\psi$  зависимости, описывающей упругое квазистатическое взаимодействие бетона с индентором  $F = A \cdot h^{\psi \cdot 1.5}$ , для тяжелого бетона классов C20/25..C30/37 от 1 до 0,72, при снижении контрольного возраста образцов до 10 суток;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 24» закономерность повышения термического сопротивления ограждающей конструкции при уменьшении теплового потока за счет экранирования микромодулей;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 29» закономерность характера и размеров зоны проплавления, изменения тепловых градиентов при применении различных материалов и конструктивных особенностях вентиляционных систем для адаптивных технологий типа «coldArc» для сварки-пайки тонколистовой оцинкованной стали;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 29» закономерность характера и размеров зоны проплавления, изменения тепловых градиентов при применении различных материалов и конструктивных особенностях вентиляционных систем для дуговых процессов типа «TIG»(низкоуглеродистые и высоколегированные стали) и «MIG/MAG» низкоуглеродистые и высоколегированные стали, алюминиевые сплавы;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 31» закономерность формирования напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований при уплотнении тяжелыми трамбовками с подошвами сферической формы;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» закономерность ионного обмена между составляющими компонентами нового сорбента из битумных отходов и цемента с загрязнителями отходов из ТМ и РВ;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 36» зависимость критериальной оценки несогласованности мнений экспертов, задействованных в создании системы;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 36» закономерность построения функции связи как квази-копулы для оценки интегрального риска от разрабатываемого стандарта и критериальной оценки ее адекватности;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 36» закономерность нормирования допустимого значения риска от разрабатываемого стандарта;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» закономерность увеличения энергоэффективности, качества и полноты вспучивания вермикулитового минерала от его гранулометрии и способов энергетического воздействия на материал;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 39» закономерность формирования спектрального состава флукутации

деформации при нагружении композитного материала в случае слабой нелинейности диаграммы материала;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 39» закономерность, описывающая устойчивость солитонного решения в упругопластической модели при учете диссипации;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 39» закономерность формирования двухсолитонного состояния в упругопластической модели;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 39» закономерность, описывающая зависимость двухсолитонного решения от тангенса угла наклона диаграммы материала в линейном приближении;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 39» закономерность влияния структурных неоднородностей материала на величину флуктуаций деформации;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» закономерность изменения температуры во времени для строительных материалов ограждающих конструкций типа стен, перегородок, потолков и т.п., для которых теплопроводность материала описывается дифференциальным уравнением Фурье, от температуропроводности материала;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» закономерность изменения температуры по толщине ограждающей конструкций типа пластин определяется отношением внутреннего термического сопротивления теплопроводности к внешнему термическому сопротивлению теплоотдачи, т.е. критерием Био;

– *открыто новых научных зависимостей* – 21:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02» зависимость адгезионных свойств битума от содержания в нем модификатора – нефтешлама;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02» зависимость агрегативной устойчивости органосиликатной системы для пропитки цементного бетона от молекулярной структуры модификатора и константы кислотности вводимых реагентов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 04» зависимость основных физико-механических и теплофизических свойств от содержания минеральных добавок;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» зависимость механической прочности, водопоглощения и усадки образцов плиток от соотношения «туф/базальт»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» зависимость реологических свойств шликеров от природы вводных электролитов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» зависимость степени декарбонизации доломита от температуры его обжига методом термического удара;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» зависимость физико-технических свойств керамических плиток для внутренней облицовки стен от содержания каолинов при различных температурах обжига;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» зависимость физико-технических характеристик керамического кирпича от количества отощающего компонента (каолинового песка отходов мокрого обогащения белорусских каолинов);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» зависимость физико-технических характеристик керамических плиток для полов от степени замены импортного сырья на каолины;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 10» зависимость резонансной частоты и добротности собственных колебаний резонаторного микроволнового датчика от свойств нагрузки (тестируемого строительного материала);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14» получена зависимость напряжений в материале матрицы от размера зерен заполнителя;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14» получена зависимость изменения карбонатной составляющей во времени по сечению бетона классов по прочности  $C^{16}/_{20} - C^{25}/_{30}$  для области ускоренной карбонизации открытой атмосферы (бетон с добавлением кольматирующей и пластифицирующей добавок);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 24» зависимость снижения общей толщины конструкции ограждения при учете радиационного потока теплоты;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 24» зависимость средней температуры железобетонной конструкции

в процессе тепловой обработки от одно или двухстороннего подвода теплоты при граничных условиях III рода;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» зависимость вариации показаний тензометрических датчиков от приложенной нагрузки (при прямом и обратном нагружении в диапазоне нагрузок 10, 25, 75 и 100 кг);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» зависимость нелинейности характеристики тензометрических датчиков от приложенной нагрузки;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» зависимость, которая связывает устойчивость ограждающих конструкций (аэродинамическая, диффузионная и устойчивость относительно капельной влаги) с давлением жидкой фазы воздуха у менее и более нагретой поверхности элемента ограждения, у наружной и внутренней поверхности и минимальное барометрическое давление воздуха у внутренней поверхности;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 30» зависимости плотности потоков воздуха для цементно-песчаных растворов, фактурных слоев из различных материалов, керамзитобетонных материалов с плотностью от 800-1200 кг/м<sup>3</sup> от влагосодержания, перепадов давления, режимов движения воздуха и других параметров при ламинарном и турбулентном режимах движения воздуха;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 31» зависимость диаметра трамбовки от формы ее подошвы;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» зависимость технологических параметров процесса термовспучивания с применением микроволновой энергии от диэлектрических свойств (в первую очередь влажности, строения и дисперсности) обрабатываемого вермикулита;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 40» зависимость пылящей способности покрытий из малопрочных материалов от расхода шлаковой составляющей и вида активатора;

– создано новых методов и методик исследований – 20:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» новый метод получения доломитовой извести термическим ударом;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 09» методика исследования кинетики образования пеностекла;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 09» методика получения теплоизоляционного зернистого материала из природного микрокремнезема (трепела);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 13» методика, включающая последовательность и алгоритм приготовления антикоррозионной композиции для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб представляющую собой водный раствор фосфатных солей цинка и ортофосфорной кислоты;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 13» методика, включающая последовательность и алгоритм приготовления антикоррозионной композиции для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб представляющую собой водно-графитную суспензию фосфатных солей цинка, ортофосфорной кислоты и лигносульфанатов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 23» методика получения нелинейных деформационных характеристик асфальтобетона, использующихся при расчете дорожных одежд методом конечных элементов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 23» методика проектирования конструкций дорожных одежд повышенной устойчивости к возникновению пластических деформаций;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 23» методика проектирования конструкций асфальтобетонных покрытий проезжей части мостовых сооружений;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» методика измерений метрологических характеристик тензометрических датчиков растяжения – сжатия;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» методика аналитической компенсации систематических погрешностей (особых причин изменчивости процесса) при взвешивании с использование дозаторов дискретного действия;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» методика калибровки тензометрических датчиков растяжения – сжатия;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» методика расчета статической погрешности мультисенсорных силоизмерительных систем при асимметричном расположении груза на грузоприемной платформе;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» методика компенсации погрешности конструктивными методами при последовательном и параллельном подключении силоизмерительных датчиков;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» метод определения сопротивления теплопроводности ограждающей конструкции при многократных измерениях температур наружной поверхности, наружного воздуха любым из известных способов, с расчетами коэффициентов теплоотдачи в те же интервалы времени при свободной или вынужденной конвекции в неограниченном пространстве для расчета теплотерь зданий и сооружений различного назначения;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» методика расчета живучести большепролетных структурных конструкций системы «БрГТУ», основанной на конечно элементной модели с пластическими шарнирами в стержнях, позволяющая моделировать работу сооружения в соответствии с полными диаграммами деформирования стали и действительными диаграммами деформирования растянутых и сжатых стержней структуры и перераспределять усилия при исчерпании несущей способности отдельных элементов, создавая при этом новую расчетную модель;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» методика микроволнового термовспучивания и гидрофобизации пористых вермикулитовых гранул;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» методика формирования модифицированной структуры в термовспученных гранулах при помощи химических реагентов и минеральных добавок;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» методика исследования структурного строения гранул модифицированного термовспученного вермикулита;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 40» методика оценки пылящей способности малопрочных материалов по потере массы от воздействия падающего песка;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» методика определения деформационных характеристик в материалах препрегов.

*Создано объектов новой техники (образцов новых изделий и (или) конструкторской документации, новых технологических процессов) – 14,*

в том числе:

*машины оборудование, приборы – 3:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для разборки кровельного битумного ковра;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для измельчения строительных битумных отходов в порошок;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для классификации вязкого битумного порошка на фракции;

*материалы, вещества, инструменты – 6:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» полуфабрикат керамической плитки для внутренней облицовки стен с повышенной механической прочностью при изгибе, содержащий стекловолокно, которое армирующую его структуру;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» керамический материал для внутренней облицовки стен с использованием каолинов месторождений «Дедовка» и «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» керамический термостойкий материал, включающий природный каолин «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» керамический стеновой материал с применением отходов обогащения каолинов «Дедовка» и «Ситница» (каолиновых песков);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» керамический материал для облицовки полов с использованием каолинов «Ситница» и «Дедовка»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 40» материал – самоотверждающаяся смесь на основе активированных сталеплавильных шлаков и продуктов переработки бетонных изделий в качестве активного компонента;

*технологические процессы – 2:*

❖ По заданию «Строительные материалы и технологии 12» технологический процесс изготовления железосодержащих неорганических пигментов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 40» технологический процесс устройства слоев дорожных одежд из самоотверждающихся смесей на основе отходов промышленности;

*конструкторская (проектная) документация – 3:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» «Проведение технического обследования металлических конструкций арочного покрытия ф-ла Летний амфитеатр по адресу: г. Витебск, пр-кт Фрунзе, 13а»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» «Разработка проектной документации КМ структурного покрытия выставочного центра по ул. Корженевского в г. Минске»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» «Разработка документации стадии КМ для МК покрытия и опорных рам для объекта «Культурно оздоровительный центр с гостиницей в р-не ул. Нововиленской и Канатного пер. в г. Минске».

*Степень освоения созданных объектов новой техники (образцов новых изделий и (или) конструкторской документации, новых технологических процессов):*

– макетов (приборов, устройств, систем, комплексов, материалов препаратов и др.) – 2:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» доломитовая известь;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 29» установка для исследований технологических особенностей сварки тонколистового проката при изготовлении систем вентиляции;

– экспериментальных образцов (приборов, устройств, систем, комплексов, материалов и др.) – 20:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» керамический материал с повышенной механической прочностью при изгибе полуфабриката, содержащий армирующую структуру добавку стекловолокна;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» композиционный дефлокулянт (акт испытаний композиционных дефлокулянтов на ОАО «Керамин» и ОАО «БерезаСтройМатериаль»);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» ячеистый бетон на основе доломитовой извести;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» образец керамической плитки для внутренней облицовки стен с использованием каолинов месторождений «Дедовка» и «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» образец керамического термостойкого кирпича с использованием в качестве компонента природного каолина «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» образец керамического кирпича с применением в качестве отошающего материала каолиновых песков – отходов мокрого обогащения каолинов месторождений «Дедовка» и «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» образец керамической плитки для полов с использованием каолинов «Ситница» и «Дедовка»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 09» образцы теплоизоляционного зернистого материала из природного микрокремнезема (трепела) в виде плиток размером 100×100×25мм;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 09» образцы теплоизоляционного зернистого материала из природного микрокремнезема (трепела) в виде гранул диаметром 10-12 мм;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 13» экспериментальные образцы антикоррозионной композиции, представляющей собой водные растворы фосфатных солей цинка и ортофосфорной кислоты;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 13» экспериментальные образцы антикоррозионной композиции, представляющей собой водно-графитные суспензии фосфатных солей цинка, ортофосфорной кислоты и лигносульфанатов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 18» лабораторная установка для инденторных и акустико-эмиссионных испытаний бетонных образцов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 25» эпоксидная клеевая водно-дисперсионная композиция МПК C09J163/02, C08G59/50, C08L63/00, C08K13/02;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» экспериментальная установка для определения прочностных и деформационных характеристик материала тензометрических датчиков при испытании на растяжение, сжатие, изгиб, скручивание и разрыв;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» экспериментальный образец упругого элемента силоизмерительного датчика параллелограммного типа;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» экспериментальный образец S-образного упругого элемента силоизмерительного датчика;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» экспериментальный образец упругого элемента силоизмерительного датчика стержневого типа;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» сорбент для обезвреживания токсичных отходов из ТМ (тяжелые металлы) и РВ (радиоактивные вещества) с использованием в сорбенте в качестве основного компонента битумных отходов твердых марок измельченных в порошок;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» экспериментальная установка тепловой обработки на базе микроволновой печи;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 40» самоотверждающаяся смесь на основе активированных сталеплавильных шлаков и продуктов переработки бетонных изделий в качестве активного компонента;

– лабораторных технологий – 6:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» технологический процесс получения доломитовой извести методом термического удара;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» лабораторная технология изготовления керамических плиток для полов; по заданию «Строительные материалы и технологии 12» технологический процесс получения железосодержащих неорганических пигментов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» комплект физических терминов для выполнения проектов, проектно-технологических работ в области тепло- и массообмена, строительной теплофизики;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» исследование кинетики влагообмена строительных материалов и способ его определения;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» определены основные технологические этапы создания огнетеплозащитных плит из термовспученного вермикулита;

– *проектно-сметная (техническая) документация* – 3:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» «Проведение технического обследования металлических конструкций арочного покрытия ф-ла Летний амфитеатр по адресу: г. Витебск, пр-кт Фрунзе, 13а»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» «Разработка проектной документации КМ структурного покрытия выставочного центра по ул. Корженевского в г. Минске»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» «Разработка документации стадии КМ для МК покрытия и опорных рам для объекта «Культурно оздоровительный центр с гостиницей в р-не ул. Нововиленской и Канатного пер. в г. Минске»;

– *промышленные образцы* – 6:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» полуфабрикат керамической плитки для внутренней облицовки стен с повышенной механической прочностью при изгибе, содержащий стекловолокно, которое армирующую его структуру;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» керамический материал для внутренней облицовки стен с использованием каолинов месторождений «Дедовка» и «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» керамический термостойкий материал, включающий природный каолин «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» керамический стеновой материал с применением отходов обогащения каолинов «Дедовка» и «Ситница» (каолиновых песков);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» керамический материал для облицовки полов с использованием каолинов «Ситница» и «Дедовка»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» произведено устройство опытного участка дорожного покрытия из исследуемых самоотверждающихся смесей на подъездной дороге к нефтяной скважине в Гомельской области;

*Создано передовых производственных технологий по заданиям программы, всего – 7,*

в том числе:

– *новых в стране – 4:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 12» производственная технология изготовления строительных пигментов типа «охра» и «сурик» на основе промышленных отходов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для разборки кровельного битумного ковра;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для измельчения строительных битумных отходов в порошок;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для классификации вязкого битумного порошка на фракции;

– *новых за рубежом - нет;*

– *принципиально новых – 3:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для разборки кровельного битумного ковра;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для измельчения строительных битумных отходов в порошок;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» машина для классификации вязкого битумного порошка на фракции.

2.5. Получено охранных документов на объекты промышленной собственности по заданиям программы, всего – 18,

из них:

– *патенты на изобретение* – 15:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02» патент Республики Беларусь на изобретение № 15199С1 от 30.12.2011 «Композиция ингредиентов для получения состава для обработки цементного бетона», авторы: Шаповалов В.М., Злотников И.И., Дубодел В.П.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02» патент Республики Беларусь на изобретение № 15333С1 от 28.02.2012 «Клеевая композиция и способ ее получения», авторы: Злотников И.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02» патент Республики Беларусь на изобретение № 16170С1 от 30.08.2012 «Полимерная композиция для изготовления ленты», авторы: Шаповалов В.М., Таврогинская М.Г., Тимошенко В.В., Злотников И.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 04» патент Республики Беларусь на изобретение № 15757С04 В 38/02 от 30.04.12 «Смесь для изготовления ячеистого бетона автоклавного твердения», авторы: Мечай А.А., Барановская Е.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» патента Республики Беларусь на изобретение № а20110941 от 20.07.2012 «Керамическая масса для изготовления плиток внутренней облицовки стен» авторы: Жук Н.В., Левицкий И.А., Сакович О.Л.; Баранцева С.Е., Позняк А.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» патента Республики Беларусь на изобретение по заявке № а20111355 от 15.11.2012 «Керамическая масса для изготовления плиток для внутренней облицовки стен», авторы Левицкий И.А., Жук Н.В., Баранцева С.Е., Сакович О.Л., Позняк А.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» патент Республики Беларусь на изобретение № 2010063 от 22.04.2012 «Керамическая масса для получения изделий, подвергающихся воздействию термоциклических нагрузок» авторы: Дятлова Е.М., Подболотов К.Б., Какошко Е.С., Климашевская О.А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 11» патент Республики Беларусь на изобретение №16363 от 12.06.2012 «Состав для получения силикатной композиции для гидрофобизации строительных материалов» авторы: Беланович А.Л., Щукин Г.Л., Карпушенков С.А., Савенко В.П., Леонович С.Н.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 24» патент Республики Беларусь на изобретение № 15491 от 28.02.2012 «Конструкция стыка панелей» авторы: Хрусталеv Б.М., Сизов В.Д., Акельев В.Д., Золотарева И.М.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» патент РБ на изобретение № 15491 от 28.02.2012 «Конструкция стыка панелей», авторы: Хрусталеv Б.М., Сизов В.Д., Акельев В.Д., Золотарева И.М.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» патент Республики Беларусь на изобретение № 8376 от 28.12.2011 «Дымовая труба» авторы: Хрусталеv Б.М., Акельев В.Д., Крень В.В.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» патент Республики Беларусь на изобретение №16191 от 30.08.2012 «Способ определения потерь теплоты через ограждающие конструкции отапливаемого помещения с приквартирными пространствами»: авторы: Хрусталеv Б.М., Акельев В.Д., и др.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» патент Республики Беларусь на изобретение № 15536 от 28.02.2012 «Узел соединения пространственного каркаса из полых стержней», авторы: Драган В.И., Пчелин В.Н., Морилова Н.Л., и др.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» патент РБ на изобретение №16766 от 09.10.2012 «Способ получения гидрофобизированного термовспученного вермикулита», автор: Шмурадко В.Т.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 40» патент РБ на изобретение №16078 С1 от 30.06.2012 «Строительная композиция для устройства дорожного основания или покрытия», авторы: Бусел А.В., Калыска А.О., Смыковский А.И.;

– *патенты на полезные модели* – 3:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 31» патент Республики Беларусь на полезную модель №8611U от 05.06.2012 «Устройство для глубинного уплотнения грунтов», авторы: Пойта П.С., и др.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» патент Республики Беларусь на полезную модель №7778 от 15.08.2011 «Узел соединения пространственного каркаса из полых стержней», авторы: Решетарь А.Р., Драган В.И., Пчелин В.Н., Юськович В.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» патент Республики Беларусь на полезную модель №7779 от 15.08.2011 «Покрытие из трехслойных панелей», авторы: Ковалев Ю.П., Левчук А.А., Драган В.И., и др.

*Подано заявок на охраняемые документы промышленной собственности по заданиям программы, всего – 17,*

в том числе:

– *патенты на изобретение* – 15:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №a20111829 от 27.12.2011 «Состав для закрепления пылящих поверхностей», авторы: Злотников И.И., Хило П.А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение № a20121355 от 26.09.2012 «Керамическая масса»: авторы: Левицки И.А., Жук Н.В., Баранцева С.Е., Сакович О.Л., Позняк А.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №a212005 от 03.01.2012 «Комплексная разжижающая добавка для керамических масс», авторы: Пищ И.В., Шишаков Е.П., Климош Ю.А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №a20121496 от 29.10.2012 «Способ переработки фосфогипса», авторы: Кузьменков М.И., Стародубенко Н.Г., Беланович О.В., Новиков В.С.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20120105 от 25.01.2012 «Способ получения гипсового вяжущего», авторы: Кузьменков М.И., Стародубенко Н.Г., Кузьменков Д.М., Дубовик Н.А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20121353 от 26.09.2012 «Шихта для изготовления термостойкого керамического материала» авторы: Дятловой Е.М., Сергиевич О.А., и др.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 11» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20120926 от 14.06.2012 «Сырьевая смесь на основе отходов базальтовой ваты для получения теплоизоляционных материалов», авторы: Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Щукин Г.Л., и др.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 12» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а2010813 от 23.05.2012 «Сырьё для изготовления строительных пигментов и наполнителей», авторы: Платонов А.П., Трутнёв А.А., Ковчур С.Г., Ковчур А.С.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 25» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20121773 от 19.12.2012 «Эпоксидная клеевая водно-дисперсионная композиция», авторы: Шинкарева Е.В., Кошевар В.Д., Статкевич П.И., Леонович С.Н.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 29» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20120370 от 15.03.2012 «Способ соединения воздухопроводов», авторы: Пантелеенко Ф.И., Писарев В.А., Окунь Г.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 29» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а2121517 от 31.10.2012 «Устройство колебания сварочной горелки», авторы: Пантелеенко Ф.И., Писарев В.А., Окунь Г.И.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 30» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20120919 от 14.06.2012 «Способ определения потерь теплоты через ограждающие конструкции отапливаемого помещения с приквартирными пространствами», авторы: Хрусталева Б.М., Акельев В.Д. и др.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20120319 от 05.03.2012 «Способ захоронения токсичных отходов и состав сорбента для их обезвреживания», автор: Устинов Д.Б.

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20120483 от 29.03.2012. «Устройство для исследования кинетики влагообмена строительных материалов и способ его определения», авторы: Устинов Б.С., Устинов Д.Б.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 33» заявка на патент Республики Беларусь на изобретение №а20101192 от 28.08.2012 «Измельчитель», автор: Устинов Д.Б.;

– заявка на полезную модель – 2:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 31» заявка на патент Республики Беларусь на полезную модель №U20120242 от 03.02.2012 «Устройство для глубинного уплотнения грунтов», авторы: Пойта П.С., и др.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» заявка на патент Республики Беларусь на полезную модель от 03.05.2012 «Пространственный каркас», авторы: Драган В.И., Пчелин В.Н., Юськович В.И., Семенюк О.С..

2.6. Сведения об использовании за отчетный период полученных по заданию программы результатов научно-исследовательских работ

– в научно-технических разработках (в ОКР и ОТР):

подано проектов заданий в НТП и ГП – 2:

❖ по результатам исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 27» – подан проект теплофизического анализа и расчетов элементов и микроклимата дворов без крыши «Патио» в климатических условиях Индии;

❖ по результатам исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 30» – подан проект расчета термофизических характеристик оболочек и воздуха пневмоопорных конструкций в климатических условиях Индии»;

– подано инновационных проектов – 2:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» подана заявка на участие в совместном белорусско-казахстанском проекте «Безотходная технология переработки доломита на новые экспортоориентированные виды строительных материалов»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» заявка к перечню вновь начинаемых научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ на 2013 г. по проекту «Провести исследования местного карбонатного сырья и установить возможность его использования в технологии производства кальцинированной соды» (Протокол совещания Премьер-Министра Республики Беларусь с руководителями отраслей и ректором БГТУ от 17.10.2012). Положительное решение научно-технического совета Минстройархитектуры от 23.11.2012 по реализации данного проекта.

2.6.1. Количество хозяйственных договоров (контрактов, соглашений), выполняемых в отчетном периоде по результатам, полученным в рамках заданий программы, всего – 29 с объемом – 957,7 млн руб.,

в том числе:

– на проведение НИР, ОКР и ОТР (для зарегистрированных в установленном порядке работ) – 9, с объемом – 405,7 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 04» сульфоалюмоферритная добавка использовалась в качестве активатора твердения электросталеплавильного шлака при выполнении х/д 12-044 от 01.03.2012 между Белорусским государственным технологическим университетом Министерства образования Республики Беларусь и Обособленным структурным подразделением комплекс «Центр-45» научно-производственного республиканского унитарного предприятия «НПО «Центр» по теме «Разработать составы тротуарной плитки, оптимизировать состав ячеистобетонных смесей, изучить структуру и устойчивость к воздействию коррозии ячеистого бетона на основе очищенного от металла электросталеплавильного шлака», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 136,0 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» керамическая масса для плиток внутренней облицовки стен использована при выполнении х/д №11–434 от 04.08.2011 между ОАО «Березастройматериалы» и УО «Белорусский государственный технологический университет» Министерства образования Республики Беларусь по теме «Разработка состава керамической массы для изготовления плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований 17,0 млн руб.

❖ Результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 10» использованы при выполнении х/д №1540/2010/5865-33-10/2010 от 14.06.2010 между НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» Министерства образования Республики Беларусь и ОАО «Белшина» концерна «Белнефтехим» на выполнение комплекса работ по теме «Модернизация испытательного стенда TS-1», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 144,0 млн руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 13» составы антикоррозионных композиций для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб использованы при выполнении х/д №1 33/2011 Б от 03.01.2011 между Министерством образования Республики Беларусь и УО «Белорусский государственный экономический университет» по теме «Разработка антикоррозионной композиции и способа ее получения для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 40,0 млн руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» методики измерения метрологических характеристик тензометрических датчиков растяжения-сжатия и методики компенсации систематических погрешностей дозаторов использованы при выполнении работ по х/д №79/11 от 14.11.2011, №80/11 от 03.11.2011, между РУП «Новые оптоэлектронные технологии» и ОАО «Гроднопромстрой» (г. Гродно) по теме «Модернизация линии растворобетонного узла» – 14,1 млн. руб., НП ООО «Тензодат» (г. Минск) по теме «Разработка и изготовление тензометрических

преобразователей» – 6,7 млн. руб., объем х/д, выполненных с использованием результатов исследования – 20,8 млн руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» методики измерения метрологических характеристик тензометрических датчиков растяжения-сжатия и методики компенсации систематических погрешностей дозаторов используются при выполнении работ по х/д №342/12с от 24.01.2012 между БНТУ НИЧ и ОАО «Белорусское управление механизации» по теме «Доработка, юстировка и наладка тензометрического преобразователя» - 8,5 млн. руб.; х/д №1127/12с от 14.03.2012 между НИЧ БНТУ и РУП «Новые оптоэлектронные технологии» по теме «Разработка алгоритма работы, доработка весоизмерительных систем и программного обеспечения, сборка и юстировка дозаторов» - 27,4 млн. руб., объем х/д, выполненных с использованием результатов исследования – 35,9 млн руб.

❖ Результаты разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» использованы при выполнении х/д № 2549/12с от 16.05.2012 между БНТУ и ЗАО «ДОР-МПЗ» по теме «Исследование деформационных и прочностных характеристик прутковых клемм, предназначенных для скрепления рельса железнодорожного пути» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 12,0 млн руб.

– договоров по выпуску вновь освоенной продукции, разработанной организацией-исполнителем задания программы – 2, с объемом 361,0 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурная конструкция системы «БрГТУ» использована при выполнении х/д №12/36 от 01.06.2012 между УО «БрГТУ» и РУП «Белгоспроект» по теме «Разработка проектной документации КМ структурного покрытия выставочного центра по ул. Корженевского в г. Минске», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 150,0 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурная конструкция системы «БрГТУ» использована при выполнении х/д №11/71 от 22.08.2011 между УО «БрГТУ» и ОАО «Минскграждан

проект» по теме «Разработка документации стадии КМ для МК покрытия и опорных рам для объекта «Культурно оздоровительный центр с гостиницей в р-не улю Нововиленской и Канатного пер. в г. Минске», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований 211,0 млн руб.

– договоров на проведение работ в сфере научного обслуживания, сертификационных и других испытаний продукции – 21, с объемом 190,978 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» методика оценки технического состояния железобетонных элементов с учетом карбонизации, основанная на разработанной модели карбонизации, применялась при оценке технического состояния железобетонных конструкций при выполнении х/д № 7513 от 16.01.2012 между Белорусским государственным университетом транспорта и ЧУП «Жлобинский мясокомбинат» по теме «Детальное обследование строительных конструкций здания неэксплуатируемого птичника ЧУП «Жлобинский мясокомбинат», расположенного в н.п. Солоное», объем х/д, выполненный с использованием методики – 8,0 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» методика оценки технического состояния железобетонных элементов с учетом карбонизации, основанная на разработанной модели карбонизации, применялась при оценке технического состояния железобетонных конструкций при выполнении х/д № 7564 от 15.02.2012 между Белорусским государственным университетом транспорта и КУП «Гомельский городской дорожный строительно-ремонтный трест» по теме «Детальное обследование лестничных маршей пешеходного путепровода через железнодорожные пути с ул. Кирова на ул. Н. Дворникова в г. Гомеле», объем х/д, выполненный с использованием методики 3,0 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» методика оценки технического состояния железобетонных элементов с учетом карбонизации, основанная на разработанной модели карбонизации, применялась при оценке технического состояния железобетонных конструкций при выполнении х/д № 7875 от 10.07.2012 между Белорусским государственным университетом транспорта и ЧУП «Полесье-Агроинвест» по теме «Детальное обследование несущих

конструкций зданий свиноводческого комплекса в д. Бобречье», объем х/д, выполненный с использованием методики – 11,0 млн руб.

❖ Результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 24» использованы при выполнении х/д № 384/12с от 26.01.2012 между Белорусским национальным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и ООО «БорисовЖилСтройПроект» по теме «Исследование теплотехнических качеств наружных ограждающих конструкций и их технического состояния, микроклимата помещений и инженерных систем с разработкой рекомендаций по проведению модернизации 80 м<sup>2</sup> жилого по ул. Заводской, 26 в г. Борисове» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 8,32 млн руб.

❖ Результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 29» были использованы при выполнении по х/д №248/12с от 17.01.2012 между научно-исследовательской частью Белорусского национального технического университета Министерства образования Республики Беларусь и ОАО «Белсантехмонтаж-1» Министерства строительства и архитектуры по теме «Исследование и анализ технологических параметров сварки и адаптация к производственным конструкциям применительно к условиям производства вентиляционных систем и сантехнических работ; оценка дефектности сварных швов, разработка технологических инструкции (WPS) и отчетов (WPQR), экспертная оценка и аттестация технологии сварки в соответствии с СТБ ИСО 15614-1-2009, оформление и согласование результатов квалификации», объем х/д, выполняемый с использованием результатов исследований – 9,5 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурная конструкция системы «БрГТУ» использована при выполнении х/д №12/35 от 01.06.2012 между УО «БрГТУ» и ГУ «Центр культуры г. Витебска» по теме «Проведение технического обследования обследования металлических конструкций арочного покрытия ф-ла Летний амфитеатр по адресу: г. Витебск, пр. Фрунзе, 13а», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 26,0 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении х/д №12/20

от 15.11.2011 между Брестским государственным техническим университетом и ОАО «Гомельский радиозавод» по теме «Определение технического состояния строительных конструкций гальванического цеха ОАО «Гомельский радиозавод»», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 79,8 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/49 от 17.07.2012 между Брестским государственным техническим университетом и УП «Ивановская ДСПМК-30» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление бетонов для УП «Ивановская ДСПМК-30» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 7,041 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/51 от 19.07.2012 между Брестским государственным техническим университетом и ОСП «СУ-279» ОАО «Строительный трест №33» по теме «Подбор состава полусухой цементной смеси М150 с применением микроармирующего волокна для ОАО «Строительный трест № 33» ОСП «СУ 279» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 1,48 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/52 от 01.08.2012 между Брестским государственным техническим университетом и ОДО «Поли-Сервис» по теме «Подбор составов керамзитобетона класса В3,5 D1000 и раствора марки М100 F100 для ОДО «Поли-Сервис» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 0,844 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/53 от 03.08.2012 между Брестским государственным техническим университетом и филиал «ПМК №12» ОАО «Полесьежилстрой» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на

приготовление керамзитобетона классов В3,5, В7,5, С10/12,5 и С12/15, тяжелого бетона С25/30 W6 П4 для филиал «ПМК №12» ОАО «Полесьежилстрой» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 1,477 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/54 от 03.08.2012 между Брестским государственным техническим университетом и СООО «ПП Полесье» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление бетонов и растворов для СООО «ПП Полесье» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 6,752 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/56 от 16.08.2012 между Брестским государственным техническим университетом и УП «Дрогичинская ПМК-8» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление бетонов и растворов для УП «Дрогичинская ПМК-8» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 8,426 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/57 от 26.07.2012 между Брестским государственным техническим университетом и ОАО «Мостоотряд-58» по теме «Подбор состава напрягающего бетона и контроль параметров самонапряжения для ОАО «Мостоотряд-58» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 1,086 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/79 от 04.10.2012 между Брестским государственным техническим университетом и УП «ПМК-12» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление бетонов

для УП «ПМК -12» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 0,902 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/80 от 04.10.2012 между Брестским государственным техническим университетом и ОДО «Поли-Сервис» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление керамзитобетона проектного класса С12/15 D1200 и тяжелого бетона класса С25/30 для ОДО «Поли-Сервис» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 1,353 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов была использована при выполнении х/д №12/81 от 03.10.2012 между Брестским государственным техническим университетом и филиал «ПМК №12» ОАО «Полесьежилстрой» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление бетонов и растворов на портландцементе ОАО «БЦЗ» для филиала «ПМК №12» ОАО «Полесьежилстрой» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 4,963 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов используется при выполнении работ по заданию СООО «ПП Полесье» по теме «Подбор составов бетонов» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 5,023 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов используется при выполнении работ по заданию ОСП «СУ-279» по теме «Подбор составов полусухой цементной смеси М150 с применением микроармирующего волокна и песчанистого портландцемента М400 для ОАО «Строительный трест №33» ОСП «СУ-279» объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 1,7 млн руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов используется при выполнении работ по заданию УП «Ивановская ДСПМК-30» по теме «Подбор производственно-

технических норм расхода материалов на приготовление растворов для УП «Ивановская ДСПМК-30» объем х/д – 2,291 млн руб.

2.6.2. Использовано в производственном процессе, его обслуживании и управлении, переданы права использования результатов НИОК(Т)Р, всего – 6:

❖ Разработанный в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» состав сырьевой композиции для плиток с повышенной механической прочностью полуфабриката прошел испытания в условиях ОАО «Березастройматериалы» (акт испытаний образцов керамической плитки на ОАО «Березастройматериалы» от 02 марта 2012 г.);

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» керамическая композиция для производства плиток для полов (изготовлена и испытана опытная партия в условиях ОАО «Керамин», акт о выпуске опытной партии от 19.11.2012);

❖ Разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» керамические материалы получены и испытаны в условиях опытного производства ГП «Институт НИИСМ» (акт испытаний от 26.06.2012);

❖ Разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» результаты использовались при выполнении 4 хозяйственных договоров между БНТУ НИЧ и предприятиями: РУП «Новые оптоэлектронные технологии» х/д № 5728/11с от 19.12.2011 по теме «Исследование метрологических характеристик и доработка дозаторов» на сумму 15,7 млн руб., РУП «Племптице завод «Белорусский х/д №1308/09с от 08.02.2009 по теме «Модернизация дозатора комбикорма» на сумму 8,1 млн руб., ЗСК ОАО «Минскжелезобетон» х/д №5695/11с от 16.12.2011 по теме «Юстировка тензометрических датчиков» на сумму – 13,8 млн руб., ОАО «Белорусское управление механизации» х/д № 342/12с от 24.01.2012 по теме «Доработка, юстировка и наладка тензометрического преобразователя» на сумму на сумму 8,5 млн руб., созданы дозаторы дискретного действия, системы управления технологическим оборудованием, внедрены методики измерения метрологических характеристик весовых мультисенсорных дозаторов, метод компенсации погрешностей дозаторов от влияющих факторов;

❖ По разработанной в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурной конструкции системы «БрГТУ», ОАО «Брестмаш» изготовил в 2012 металлических структурных конструкций на сумму – 796,2 млн руб;

❖ Разработанные по заданию «Строительные материалы и технологии 35» результаты использовались по заявке ОДО «Полис-сервис» оптимизированы составы бетонов и растворов с учетом специфики применения местных заполнителей реализовано продукции на сумму – 315,0 млн руб.

2.6.3. Сведения о полученном экономическом эффекте от внедрения разработки, созданной с использованием научных результатов, полученных при выполнении задания программы за отчетный период, всего – 1;

❖ Разработанные по заданию «Строительные материалы и технологии 35» – по заявке ОДО «Полис-сервис» оптимизированы составы бетонов и растворов с учетом специфики применения местных заполнителей, экономический эффект за счет оптимизации составил 315,0 млн руб.

2.6.4. Сведения о полученном экологическом, социальном эффекте от внедрения разработки, созданной с использованием научных результатов, полученных при выполнении задания программы за отчетный период, всего (ед.) – 1;

❖ Получен социальный и экологический эффект от внедрения разработок по заданию «Строительные материалы и технологии 41» за счёт применения разработанных и внедренных полиуретановых виброизоляторов при виброизоляции строительных объектов: Лечебно-диагностический корпус и Операционно-реанимационный блок УД Президента Республики Беларусь, расположенных в технической зоне Минского метрополитена по ул. Энгельса 25 и 27 г. Минска.

2.6.5. Количество разработанных технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, всего (ед.) – 2,

из них:

- международных и межгосударственных стандартов или изменений к ним – нет;
- государственных стандартов или изменений к ним – нет;
- технических регламентов или изменений к ним – 2;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 35» технологический регламент производства бетонных работ при устройстве набетонки усиления днища резервуаров по объекту «Оказать научно-технические услуги по определению технического состояния строительных конструкций 4-х резервуаров и разработке рекомендаций и технических решений по ремонту и усилению строительных конструкций для введения резервуаров в эксплуатацию на объекте «Строительство системы сбора, очистки и транспортировки промдождевых стоков предприятий РУП «производственное объединение «Белоруснефть» – Брест: УО «БрГТУ», 2012 39с.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 40» технологический регламент на технологию устройства дорожных конструкций из материала на основе отходов железобетонных изделий ТР № 1 – 2012-8с., Минск БНТУ.

2.7. Сведения об использовании (предложениях по использованию) полученных по заданию программы результатов при проведении последующих научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ в рамках других типов программ всех уровней, инновационных проектов – 2:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» в 2013 г., запланировано выполнение проекта «Провести исследования местного карбонатного сырья и установить возможность его использования в технологии производства кальцинированной соды» (сроки выполнения II – III кв. 2013 г., инновационный фонд);

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» в 2013 г., запланировано выполнение хоздоговора по заказу Министерства архитектуры и строительства совместно с ГП «Институт НИИСМ» (сроки выполнения I кв. 2013 г. – IV кв. 2013г., объем финансирования 800,0 млн руб).

2.8. Сведения о выполнении международных научно-исследовательских проектов – 3:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02» в рамках сотрудничества с Институтом инженерии материалов Западно-Померанского технологического университета, г Щецин, Польша выполняется совместный проект БРФФИ «Разработка методов управления наноструктурной организацией граничных слоев высокомолекулярных жидкостей и расплавов в контакте с твердым телом» по договору T11MC-010 от 15.04.2011, объем – 28 млн руб.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» в рамках сотрудничества с ООО «ИнноТека» (г. Москва) выполняется совместный проект «Разработать технологический процесс переработки фосфогипса на гипсовые вяжущие» по договору № ХД 12-082 от 03.05.2012, объем – 156,2 млн руб.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 11» в рамках программы Европейского Союза FP 7 совместно с Институтом Макса Планка (Германия) выполняется грант PIRSES-GA-2010-269404 Photocontrol «Design of photocontrollable polyelectrolyte-based nanoengineered container systems» от 22.03.2011 объем – 42,4 млн руб.;

❖ разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» методики измерения метрологических характеристик тензометрических датчиков растяжения-сжатия и методики компенсации систематических погрешностей дозаторов были использованы при выполнении работ по х/д №32/11 от 11.05.2011 между РУП «Новые оптоэлектронные технологии» и ОАО «Севкавдорстрой» (Россия) по теме «Разработка и изготовление дозаторов асфальто-бетонного завода» объем – 8,5 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурная конструкция системы «БрГТУ» использована при выполнении х/д №12/68 от 18.09.2012 между УО «БрГТУ» и ЗАО «Пространственные металлические конструкции», г. Москва, Россия по теме «Разработать пространственные чертежи МК покрытия стадиона КМ в составе строительного проекта для объекта «Футбольная академия «Динамо» по адресу: г. Москва, САО Ленинградское шоссе, вл.49<sup>а</sup>», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 536 448 российских руб.

2.9. Сведения о подтвержденных фактах заинтересованности результатами выполнения заданий программы:

❖ В проведении исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 05» состав сырьевой композиции для плиток с повышенной механической прочностью полуфабриката прошел испытания в условиях ОАО «БерезаСтройМатериалы» (акт испытаний образцов керамической плитки от 02 марта 2012 г.).

❖ В проведении исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 06» опытно-промышленных испытаний дефлокулянтов ОАО «Керамин» в условиях ЦЗЛ ОАО «БерезаСтройМатериалы» (акт №7150 от 28.11.2012 г.).

❖ Разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» керамическая композиция для производства плиток для полов (изготовлена и испытана опытная партия в условиях ОАО «Керамин», акт о выпуске опытной партии от 19.11.2012 г.).

❖ Разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» керамические материалы получены и испытаны в условиях опытного производства ГП «Институт НИИСМ» (акт испытаний от 26.06.2012 г.).

❖ По разработанной в рамках задания «Строительные материалы и технологии 032» структурной конструкции системы «БрГТУ» ОАО «Брестмаш» изготовил в 2012 металлических структурных конструкций на сумму 796,2 млн руб.

❖ По разработанной в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» оптимизированы составы бетонов и растворов с учетом специфики применения местных заполнителей, экономический эффект за счет оптимизации составил 315,0 млн руб.

❖ По разработанной в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» результатами заинтересован НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

❖ По разработанной в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» результатами заключен х/д №1397 до 31.12.2013 «Научные исследования по разработке и внедрению конструкции бесшпального пути метрополитена на эластичных опорах по объекту: «Участок продления первой линии Минского метрополитена от станции «Институт культуры» до станции «Петровщина» между БНТУ и УП «Дирекция по строительству Минского метрополитена».

2.10. Сведения за отчетный период о подготовке научных кадров в ходе выполнения задания программы.

Из числа исполнителей задания программы:

- количество защищенных докторских диссертаций – нет;
- количество защищенных кандидатских диссертаций – нет;
- количество защищенных магистерских диссертаций – 2:

❖ По заданию «Строительные материалы и технологии 14» Здитовец Е.И., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Прогнозирование поврежденности ЖБК, эксплуатирующихся в условиях агрессивной среды сельскохозяйственных помещений» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель канд. техн. наук Васильев А.А.;

❖ По заданию «Строительные материалы и технологии 36» Янушкевич А.В., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Модель экспертной системы для целей управления рисками при разработке государственного стандарта» по специальности 1-54 80 01 «Стандартизация и управление качеством продукции», научный руководитель д-р техн. наук Серенков П.С.

Под руководством исполнителей задания:

– количество защищенных докторских диссертаций – нет;

– количество защищенных кандидатских диссертаций – 1;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32»

Шурин А.Б., диссертация на соискание степени кандидата технических наук по теме «Напряженно-деформированное состояние большепролетного комбинированного покрытия из металлических арок и структурной плиты» по специальности 05.23.01 «Строительные конструкции здания и сооружения», научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И.;

– количество защищенных магистерских диссертаций – 3;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14»

Здитовец Е.И., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Прогнозирование поврежденности ЖБК, эксплуатирующихся в условиях агрессивной среды сельскохозяйственных помещений» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель канд. техн. наук Васильев А.А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14»

Степанцова А.М., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Исследование изменения показателя выпяжки поровой жидкости по сечению бетона» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель канд. техн. наук Васильев А.А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 36»

Янушкевич А.В., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Модель экспертной системы для целей управления рисками при разработке государственного стандарта» по специальности специальность 1-54 80 01 «Стандартизация и управление качеством продукции», научный руководитель д-р техн. наук Серенков П.С.

2.11. Результаты выполнения заданий программы использовались для совершенствования учебного процесса в высшей школе:

❖ Результаты по заданию «Строительные материалы и технологии 04» – внедрены в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре химической технологии вяжущих материалов в курс лекций по дисциплине «Технология автоклавных материалов и изделий»;

❖ Результаты задания «Строительные материалы и технологии 06» – используются в лекционном курсе «Химическая технология керамики и огнеупоров» УО «Белорусский государственный технологический университет»;

❖ Результаты задания «Строительные материалы и технологии 07» – используются в лекционных курсах «Химическая технология вяжущих веществ», «Энергосбережение в химической промышленности» (раздел – «Энергосберегающие технологии») УО «Брестский государственный технологический университет»;

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 09» – используются в лекционном и практическом курсах «Основы энергосбережения» УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»;

– Результаты выполнения задания «Строительные материалы и технологии 12» – используются в учебном процессе при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Химия неорганическая, органическая и высокомолекулярных соединений» на кафедре «Химия» УО «Витебский государственный технологический университет» (4 акта внедрения результатов НИР в учебном процессе от 03.10.2012);

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 14» – используются в учебном процессе кафедры «Промышленные и гражданские сооружения» (лекционный курс дисциплин: «Строительные материалы» и «Дорожно-строительные материалы») УО «Белорусский государственный университет транспорта» с ноября 2012 г.;

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 14» – используются в учебном процессе кафедры «Химия» (лекционный курс дисциплин: «Химия» и «Физическая и коллоидная химия») УО «Белорусский государственный университет транспорта» с ноября 2012 г.;

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 14» – используются в производственном процессе научно-исследовательской лаборатории «Строительные конструкции, основания и фундаменты» им. д-р тех. наук, проф. И.А. Кудрявцева УО «Белорусский государственный университет транспорта» с октября 2012 при выполнении обследований зданий и сооружений для

оценки и прогнозирования долговечности железобетонных элементов, в различных воздушных средах;

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 15» – используются в учебной программе по дисциплине «Мосты и сооружения на дорогах» по специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»;

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 31» – используются в учебном процессе в дипломное проектирование по специальности «Промышленное и гражданское строительство» «Методика расчетов и технология устройства искусственных оснований с помощью уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками»;

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 32» – используются в лекционном курсе «Металлические конструкции» (раздел – «Пространственные структуры») УО «Брестский государственный технический университет»;

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 36» – используются в лекционных курсах «Техническое нормирование и стандартизация», «Системы менеджмента качества» УО «Белорусский национальный технический университет»;

– Результаты задания «Строительные материалы и технологии 41» – используются в лекционном курсе «Механика материалов» раздел – «Методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость конструкционных изделий при действии силовых и температурных нагрузок», а также при выполнении магистерских, кандидатских и докторских диссертаций.

2.12. Перечень научно-аналитических докладов, заключений на обращения республиканских органов государственного управления, подготовленных с участием организаций-исполнителей по тематике работ в рамках программы – 1:

– По результатам исследований задания «Строительные материалы и технологии 41» – внесены предложения в технологию виброизоляции Концертного зала на площади Свободы г. Минска, которая была реализована УП «Мінская спадчына» Мингорисполкома.

2.13. Сведения о получении (присуждении) наград исполнителями программы за научные результаты, достигнутые при ее выполнении, всего – нет,

из них:

- международная премия – нет;
- государственная премия, премия Совета Министров – нет;
- международная медаль (орден) – нет;
- премия НАН Беларуси – нет;
- премия (награда), учрежденная республиканским органом государственного управления (за исключением НАН Беларуси) – нет;
- прочие – нет:

2.14. Сведения об организации за отчетный период научно-практических мероприятий (совещаний, научных (научно-технических) конференций, семинаров, школ и других) по проблемам, разрабатываемым в рамках заданий программы:

Исполнители заданий ГПНИ «Строительные материалы и технологии» в 2012 г. принимали участие в работе 52 конференций (семинарах, съездах, симпозиумах, конгрессах), из них исполнители заданий выступили с 62 докладами:

- Международная научно-практическая конференция «Чрезвычайные ситуации: теория практика инновации», Гомель, 24–25 мая 2012 г.:  
*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 02» «Модифицированный диоксид кремния для огне-тушащих порошков», докладчик Злотников И.И.;
- 4-я Международная научно-техническая конференция «Переработка минерального сырья. Инновационные технологии и оборудование», г. Минск, УП «НПО «Центр», 27–28 ноября 2012 г.:  
*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 04» «Производство автоклавного ячеистого бетона с использованием электросталеплавильного шлака», докладчик Барановская Е.И.;

- 76-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, г. Минск (13–20 февраля 2012 г.):
  - доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Применение базальтовых и гранитоидных пород в составах керамических масс для плиток внутренней облицовки стен», докладчик Позняк А.И. (устный);
- Международная научно-техническая конференция молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» г. Могилев, (30–31 октября 2012 г.):
  - доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Повышение механической прочности полуфабриката керамических плиток», докладчик Позняк А.И. (устный);
- Международная научно-техническая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», БГТУ г. Минск (22–23 ноября 2012 г.):
  - доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Импортозамещение при производстве керамических плиток для внутренней облицовки стен»; докладчик Позняк А.И. (устный);
- IV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по химии и химической технологии, г. Киев, (4–6 апреля 2012 г.):
  - доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Особенности получения керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен», докладчик Позняк А.И. (устный);
- IV Международная конференция Российского химического общества им. Д.И. Менделеева «Химическая технология и биотехнология новых материалов и продуктов» г. Москва, (24–25 октября 2012):
  - доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Пути снижения материалоемкости керамических плиток для внутренней облицовки стен» (стендовый);
- III Всероссийский молодёжный инновационный форум «МИЦ–2012» г. Нижний Новгород, (22–29 сентября 2012 г.):

- доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Снижение материалоемкости керамических плиток для внутренней облицовки стен – основной критерий энергосбережения», докладчик Позняк А.И. (устный);
- Международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», г. Могилев, ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 19–20 апреля 2012 г.:  
**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 06» «Влияние комплексных разжижающих добавок на реологические свойства керамических шликеров», докладчик Пищ И.В.;
  - Международная научно-практическая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности в производстве строительных материалов», Минск, 22-23 ноября 2012 г.:  
**доклады** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» «Применение доломитовой извести в составе ячеистого бетона автоклавного твердения», докладчик Новиков В.С.;  
**доклады** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» «Технология комплексной переработки доломита на минеральные вяжущие и технические продукты», докладчик Кузьменков М.И.;  
**доклады** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» «Технология получения полиминерального гипсового вяжущего из доломита и серной кислоты», докладчик Кузьменков М.И.;
  - Международный научный симпозиум «Инновации в области применения гипса в строительстве», 31 мая–1 июня 2012 г., г. Москва:  
**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» «Получение синтетического гипса и переработка его на полиминеральные гипсовые вяжущие методом химической дегидратации», докладчик Кузьменков М.И.;
  - Внутривузовская научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, г. Минск, БГТУ, 13–20 февраля 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» «О возможности повышения кондиционности каолинового сырья Республики Беларусь различными методами обогащения», докладчик Попов Р.Ю.;

- Международная научно-техническая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», г. Минск, БГТУ, 22–23 ноября 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» «Полукислые и шамотные огнеупорные материалы на основе природного и обогащенного каолина «Ситница», докладчик Сергиевич О.С.;

- 6 Международная научная и научно-методическая конференция «Свиридовские чтения 2012», г. Минск, УО «Белорусский государственный университет», 9–13 апреля 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 09» «Пористые силикатные материалы для теплоизоляции зданий и сооружений», докладчик Капшай М.Н.;

- 7 Международная научно-практическая конференция «Чрезвычайные ситуации: теория и практика, г. Гомель, УО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, 24–25 мая 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 09» «Пеносиликатные материалы на основе аэросила технического (отходов Гомельского химзавода) и минерального природного сырья», докладчик Гайшун В.Е.;

- 14-я Международная научная конференция «Mathematical Methods in Electromagnetic Theory» («Математические методы в электромагнитной теории»), г. Харьков, Украина, 28–30 августа 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 10» «Rigorous methods for solving the problems of electromagnetic diffraction by slot obstacles», докладчик Сердюк В.М.;

- 45-я Республиканская научно-техническая конференция преподавателей и студентов, посвящённой году книги, г. Витебск, УО «Витебский государственный технологический университет», 27 апреля 2012 г.:

- доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» «Новые коагулянты и флокулянты», докладчик Платонов А.П. (устный);
- МНТК «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 22–23 ноября 2012 г.:  
**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» «Получение пигментов на основе Fe-осадка неорганических отходов процесса водоподготовки на ТЭЦ», докладчик Гречаников А.В. (устный);
  - МНТК «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 22–23 ноября 2012 г.:  
**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» «Исследование состава неорганических отходов ТЭЦ г. Витебска», докладчик Платонов А.П.
  - XVIII международный научно-методический семинар «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», г. Новополоцк, УО «Полоцкий государственный университет», 2012 г.:  
**стендовый доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Модель карбонизации бетона в условиях открытой атмосферы», докладчики Васильев А.А., Адарченко Е.О.;
  - Международная научно-техническая конференция «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности», ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 30–31 октября 2012 г.:  
**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Перспективы использования моделей карбонизации бетона», докладчик Адарченко Е.О.;
  - VI Международная научно-практическая конференция «Проблемы безопасности на транспорте», проводимая УО «БелГУТ», ноябрь 2012 г.:  
**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Прогнозирование поврежденности ЖБК, эксплуатирующихся в условиях агрессивной среды сельскохозяйственных помещений», докладчик Здитовец Е.И.;

**стендовый доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Физико-химический анализ свойств бетона – основа качественной оценки технического состояния железобетонных элементов», докладчик Адарченко Е.О.;

- Международная научно-техническая конференция «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки», АННОО «Приволжский Дом знаний» и УО «ИжГТУ им. М.Т. Калашникова» (г. Ижевск), декабрь 2012 г.:

**стендовый доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Оценка состояния бетона», докладчик Васильев А.А.;

- Международная научно-практическая конференция «Проблемы безопасности на транспорте»: Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», 29–30 ноября 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 15» «Моделирование ресурса железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлора, методом Монте-Карло», докладчики Талецкий В.В., Шевченко Д.Н., Степанова А.В.;

- Международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», Могилев, УО «Белорусско-российский университет», 19–20 апреля 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 15» «Нарушения несущих железобетонных конструкций путепроводов, вызванные хлоридной агрессией», докладчики Талецкий В.В., Степанова А.В.;

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 15» «Модель прогнозирования срока службы железобетонных конструкций при воздействии хлоридов», докладчик Степанова А.В.;

- XVIII Международный научно-методический семинар «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», г. Новополоцк: ПГУ, 28-29 ноября 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 18» «Комбинирование оценок прочности бетона конструкций неразрушающими методами испытаний», докладчик Снежков Д.Ю.

- Научно-методический семинар «Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства», г. Минск, БНТУ, 29 мая 2012 г.:  
*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 18» «О сопоставимости методик неразрушающих испытаний бетона конструкций по действующим государственным стандартам и нормам евросоюза» докладчик Снежков Д.Ю.;
- 3-й практический семинар «Дорожное строительство. Мосты и развязки», г. Минск, ООО «Отраслевые форумы», май 2012 г.:  
*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 23» «Исследование особенностей напряженно-деформированного состояния асфальтобетонных покрытий дорожных одежд под воздействием транспортной нагрузки с применением метода конечно-элементарного анализа», докладчик Ладышев А.В.;
- Научно-техническая конференция «Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений», г. Минск, БелдорНИИ, ноябрь 2012 г.:  
*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 23» «Необходимость учета анизотропии и нелинейности свойств асфальтобетона при расчете конструкций дорожных одежд на прочность», докладчик Ладышев А.В.
- Десятая Международная научно-техническая конференция «Наука – образованию, производству, экономике», г. Минск, Республика Беларусь, апрель 2013 г.:  
*доклад* «Новая конструкция многослойной стеновой панели» Сизов В.Д., Нестеров Л.В.;  
*доклад* «Обоснованность выбора теплоносителя при тепловой обработке железобетонных изделий в заводских условиях» Орлович А.И., Нестеров Л.В.;
- Международная научно-техническая конференция «Приборостроение - 2012» Скачек А.В.:  
*устный доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» «Дрейф показаний тензометрических датчиков при длительном нагружении»;
- Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2012», Скачек А.В., Скачек В.А., Соломахо В.Л.:

- устный доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» «Проектирование тензорезистивных датчиков усилия для систем весового дозирования»;
- Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2012», Шапарь В.А., Соломахо В.Л.:  
*стендовый доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» «Автоматизированная система мониторинга метрологического ресурса калибров»;
  - Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиноведения», ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель: Скачек В.А., Соломахо В.Л., Петрусенко П.А.:  
*стендовый доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» «Оптимизация конструкции тензорезистивных датчиков силы»;
  - 15-й Международный симпозиум «Технологии. Оборудование. Качество» в рамках Белорусского промышленного форума, г. Минск, 18 мая 2012 г.:  
*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 29» «Лабораторная установка для исследований технологических особенностей сварки тонколистового проката при изготовлении систем вентиляции», докладчик Писарев В.А.;
  - 10-я Международная научно-техническая конференция «Наука – образованию, производству, экономике», Минск, БНТУ, 26 апреля 2012 г.:  
*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 29» «Оценка деформаций и короблений при изготовлении систем вентиляции с применением сварочных процессов», докладчик Писарев В.А.;
  - 10-я Международная научно-техническая конференция «Наука – образованию, производству, экономике», г. Минск, Республика Беларусь, апрель 2012 г.:  
*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 30» «Теплообмен в приквартирных остекленных светопрозрачных пространствах» Хрусталева Б.М., Авельев В.Д., Пенкрат А.С.;
  - Матер. XVIII Межд. научн-метод. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовка

инженерных кадров Республики Беларусь». Т. 2. ПГУ, Новополоцк, 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 31» Пойта П.С. Особенности формирования зоны уплотнения грунта при уплотнении грунтового основания тяжелыми трамбовками;

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 31» Шведовский П.В. Особенности оценки и учета изменчивости деформационно-прочностных свойств грунтовых оснований при их уплотнении;

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 31» Клебанюк Д.Н. Особенности процесса распределения давлений и напряжений при уплотнении неоднородных грунтовых оснований тяжелыми трамбовками;

– XVIII Международный научно-методический семинар «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Новополоцк, ПГУ, 28–29 ноября 2012 г.

– Республиканская научно-практическая конференция «Строительство и восстановление искусственных сооружений», г. Гомель, БелГУТ, 18 февраля 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» «Возможности и перспективы применения бетонов с компенсированной усадкой», докладчик Павлова И.П.

– Международная научно-техническая конференция «Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы», г. Пинск, УО Полесский государственный университет 26–27 апреля 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 36» «Аппроксимация субъективной модели», докладчик – Серенков П.С.;

– Международная студенческая научно-техническая конференция «Новые направления развития приборостроения», г. Минск, Белорусский национальный технический университет, апрель 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 36» «Повышение эффективности управления рисками нормативно-методического обеспечения в области

строительства при помощи экспертной системы», докладчик – Янушкевич А.В.;

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 36» «Создание подсистемы нормирования риска нормативно-методического обеспечения в области строительства в рамках разрабатываемой экспертной системы», докладчик – Янушкевич А.В.;

- Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2012», г. Минск, 21–23 ноября 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 36» «Экспертная система оценки рисков как эффективный инструмент повышения результативности деятельности по стандартизации», докладчик – Серенков П.С.;

- Международная молодежная конференция «Оценка рисков и безопасности в строительстве», г. Москва, 26–28 сентября 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 36» «Инновационные решения проблем минимизации рисков в области строительства, обусловленных деятельностью по стандартизации», докладчик – Серенков П.С.;

- 5-я Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2012». Минск, БНТУ, 21–23 ноября 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 39» «Взаимосвязь между одно- и двухсолитонными состояниями флуктуаций деформации», докладчик Князев М.А.;

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 39»: «Рациональные решения в упругопластической модели с диссипацией», докладчик – Князев М.А.;

- 6-я Международная научно-практическая конференция «Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь». Минск, БНТУ, ноябрь 2012 г.:

**доклад** в рамках задания «Строительные материалы и технологии 39» «Свойства солитона в упругопластической модели с затуханием», докладчики Князев М.А., Трофименко Е.Е.;

- VII Международная научно-практическая конференция «Современные методы и технологии создания и обработки материалов». Минск. ФТИ НАН Беларуси, 19–21.09.2012 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» «Моделирование напряженно-деформированного состояния упругих элементов при больших деформациях», докладчик Василевич Ю.В.;

- XI математическая конференция Беларуси, ноябрь 2012 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» «Структурная организация тканых наполнителей для композиционных материалов и ее влияние на анизотропию свойств», докладчик Василевич Ю.В.;

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» «Прочностные и деформационные характеристики конструкционных изделий, изготовленных из гетерогенных полимерных материалов», докладчик Василевич Ю.В.

- Международная конференция МИКМУС – 2012, 24-26.10.2012 г. М. ИМАШ им. И.И. Благонравова РАН:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» «Численное моделирование растянутых стальных образцов с U-образными вырезами», докладчик Мойсейчик А.Е.;

- Международная научно-практическая конференция «Инновации в машиностроении – 2012», 17-19.10.2012, Объединенный институт машиностроения, Минск, Беларусь:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» «Методические аспекты исследования термомеханических свойств материалов», докладчик Василевич Ю.В.;

- Международная научно-техническая конференция «Инновации в машиностроении – 2012», 17-19.10.2012 г., Объединенный институт машиностроения, Минск, Беларусь:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» «Некоторые методы расчета термонапряженного состояния элементов конструкций», докладчик Неумержицкая Е.Ю.

2.15. Исполнители заданий программы «Строительные материалы и технологии» в 2012 г. принимали участие в работе в 23 выставках, представлено 23 экспоната, в том числе:

международных:

- Национальная выставка Республики Беларусь «ЭКСПО–2012», Латвия, г. Рига, 06–09.12.2012 г.;

- **экспонат** – разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» плитка керамическая для стен;
- Выставка при Международной научно-технической конференции молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности», РБ, г. Могилев, 30–31.10.2012 г.;
  - экспонат** – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» керамические плитки для внутренней облицовки стен с применением базальтовых и гранитоидных пород.
- Выставка при Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», Беларусь, г. Минск, 22–23.11.2012 г.;
  - экспонат** – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» керамические плитки для внутренней облицовки стен с применением базальтовых и гранитоидных пород.
- Выставка при IV Международной конференции Российского химического общества им. Д.И. Менделеева «Химическая технология и биотехнология новых материалов и продуктов», Россия, г. Москва, 24–25.10.2012;
  - экспонат** – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» керамические плитки для внутренней облицовки стен сниженной толщины.
- XVIII Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции», Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, 13–15.03.2012 г.:
  - образец** – разработанный в рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» «Технология переработки доломита на минеральные вяжущие и технические продукты»;
- Национальная выставка Республики Беларусь «ЭКСПО-2012», Латвия, г. Рига 06–09.12.2012 г.:
  - образец** – разработанный в рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» «Технология переработки доломита на минеральные вяжущие и технические продукты».
- Выставка при Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в

химической промышленности и производстве строительных материалов», Беларусь, г. Минск, 22–23.11.2012 г.:

**экспонаты** – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» два образца полукислого и шамотного огнеупорных материалов на основе природного и обогащенного каолина «Ситница»;

- XVIII Международная выставка–конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (HI-TECH'2012), Россия, г. Санкт-Петербург, 13–15 марта 2012 г.:

**экспонат** – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

- Индонезийская международная выставка, Индонезия, г. Джакарта, 28–31.03.2012 г.;

**экспонат** – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

- Выставка VIETNAM EXPO 2012, Вьетнам, г. Ханой, 04–07 апреля 2012 г.:

**экспонат** – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

- Харбинская международная торгово-экономическая ярмарка, Китай, г. Харбин 15–19 июня 2012 г.:

**экспонат** – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

- Уральская международная выставка «ИННОПРОМ», Российская Федерация, г.Екатеринбург, 12–15 июля 2012г.:

**экспонат** – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

- Янгонская международная торговая ярмарка, Мьянма, г. Ягон, 22–25 декабря 2012г.;

**экспонат** – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

республиканских:

- Выставка при Республиканском семинаре по теме «Инновационные технологии утилизации и переработки отходов», г. Минск, 19 сентября 2012 г.:

**экспонат** – разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» плитка для внутренней облицовки стен с использованием отходов камнедробления и ангобно-глазурных суспензий.

- Выставка научно-технических разработок «Вклад ученых университета в инновационное развитие Республики Беларусь», г. Минск, 17 октября 2012 г.:

**экспонат** – разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» керамическая плитка сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен;

- Выставка при 76-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, г. Минск, 13–20 февраля 2012 г.;

**экспонат** – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» керамические плитки для внутренней облицовки стен с применением базальтовых и гранитоидных пород.

- Выставка при III практической конференции «Реконструкция и реставрация зданий и сооружений: современные технологии и энергоэффективные решения» г. Минск, 24 мая 2012 г.:

**экспонат** – разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 06» орнаментированная плитка для реконструкции полов.

- Выставка «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро–2012», г. Минск, 09–12 октября 2012 г.:

**экспонат** – разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 06» орнаментированная плитка для реконструкции полов;

- Выставка при III Практической конференции «Реконструкция и реставрация зданий и сооружений: современные технологии и энергоэффективные решения» г. Минск, 24 мая 2012 г.:

**экспонат** – разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 06» орнаментированная плитка для реконструкции полов.

- Выставка «Белорусский промышленный форум–2012», г. Минск, 15–18 мая 2012 г.:  
*образец* – разработанный в рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» «Технология переработки доломита на минеральные вяжущие и технические продукты»,
- Выставка «Белорусский промышленный форум–2012», г. Минск, 15–18.05.2012 г.:  
*образец* разработанный в рамках задания «Строительные материалы и технологии 07» «Технология переработки доломита на минеральные вяжущие и технические продукты» награжден дипломом.
- Выставка научно-технических разработок «Вклад ученых университета в инновационное развитие Республики Беларусь», г. Минск, 17 октября 2012 г.:  
*экспонаты* – разработанный в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» образец керамической плитки на основе каолинов Республики Беларусь
- Выставка в рамках проведения Дней белорусской науки, г. Минск, 27 января 2012 г.:  
*экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ».

### Заключение

Результаты выполнения ГПНИ «Строительные материалы и технологии» способствовали созданию прогрессивных конструктивно-технологических решений зданий и сооружений, материалов, обеспечивающих снижение расходов материальных и топливно-энергетических ресурсов на единицу строительной продукции; повышению качества и конкурентоспособности отечественных производителей; развитию экспортного потенциала строительной отрасли; научному и научно-техническому обеспечению создания импортозамещающих производств строительных материалов, изделий, эффективности технологий и оборудования для возведения зданий и сооружений.

## П Р И Л О Ж Е Н И Е

### Список опубликованных научных работ по результатам выполнения заданий ГПНИ «Строительные материалы и технологии» в 2012 г.

#### Монографии

1. Платонов, А.П. Дорожные строительные и лакокрасочные материалы / А.П. Платонов, А.А. Трутнёв, А.С. Ковчур, С.Г. Ковчур // Витебск : УО «ВГТУ», 2012. – 100 с.
2. Васильев, А.А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций: [монография] / А.А. Васильев; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 263 с.

#### Учебники и учебные пособия

1. Разработан проект пособия к СНиП по расчету теплообмена в отапливаемых помещениях и ограждениях с учетом их аэро-диффузионной устойчивости и устойчивости относительно капельной влаги. / Б.М. Хрусталеv.
2. Васильев, А.А. Дефекты и повреждения строительных конструкций: с прилож. на опт. диске: учеб. пособие / А.А. Васильев; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 361 с.
3. Талецкий, В.В. Проектирование конструкций каркаса и фундаментов одноэтажного промышленного здания из сборного железобетона / В.В. Талецкий. – Ч. II : Расчет и проектирование преднапряженных конструкций покрытия и внецентренно нагруженного фундамента: учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Гомель, БелГУТ, 2012 – 60 с.
4. Степанова, А.В. Проектирование рабочей площадки : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / А.В. Степанова, В.Д. Прасол. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 54 с.
5. Планирование работы вагонного хозяйства с использованием методов математического моделирования: учеб. пособие /

Д.Н. Шевченко, В.И. Сенько, Е.П. Гурский, Л.В. Сенько. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 276 с.

6. Визуально-оптический метод неразрушающего контроля / Ю.В. Василевич, [и др.] // учеб.-метод. пособие. – Минск, БНТУ. 2012. – 27 с.

### **Сборники научных трудов**

Романчак, М., Серенков, П.С., Василенок, В.Д. Аппроксимация субъективной модели/ В.М. Романчак, П.С. Серенков, В.Д. Василенок // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы: Сборник трудов VI Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 26–27 апреля 2012 г. / Полесский государственный университет – Пинск, 2012. – С. 225-226.

### **Справочники и энциклопедии**

Государственная программа научных исследований «Строительные материалы и технологии» (2011-2015 гг.) Анализ итогов первого года работы – в интересах отрасли и государства: науч.-техн. справочник / под ред. Б.М. Хрусталева. – Минск: БНТУ. – 188 с.

### **Научные статьи и доклады**

1. Дубодел, В.П. Разработка лакокрасочных композиций с использованием отходов нефтеперерабатывающего производства / В.П. Дубодел, Л.Н. Бакланенко, И.И. Злотников, В.М. Шаповалов // Материалы, технологии, инструменты. – 2012. – Т.17, №1. – С. 79–82.
2. Дубодел, В.П., Злотников, И.И., Шаповалов, В.М. Гидроизоляционные битумные материалы с использованием отходов нефтеперерабатывающего и масложирового производства // Материалы, технологии, инструменты. – 2012. – Т.17, №3, – С. 54–57.
3. Лапшина, Е.М. Модифицированный диоксид кремния для огнеупорных порошков / Е.М. Лапшина, И.И. Злотников, И.А. Лапшин // Чрезвычайные ситуации: теория практика инновации: материалы Международной научно-практической конф., Гомель, 24–25 мая 2012 г. В 2 ч. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. – Ч.1. – С. 183–184.
4. Мечай, А.А. Производство автоклавного ячеистого бетона с использованием электросталеплавильного шлака / А.А. Мечай,

- Е.И. Барановская // Переработка минерального сырья. Инновационные технологии и оборудование: материалы 4-й Международ.науч.-технич. конф., Минск, 27–28 ноября 2012 г. – Минск: УП «НПО «Центр», 2012. – С. 43–45.
5. Позняк, А.И. Фазовый состав и структура базальтсодержащей керамики для плиток внутренней облицовки стен / А.И. Позняк // *Материалы. Технологии. Инструменты*. Гомель. – 2012. – Т.17, (№ 3). – С. 43–48.
  6. Позняк, А.И. Повышение механической прочности полуфабриката керамических плиток / А.И. Позняк // *Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности»*, Могилев, 30–31 октября 2012 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – С. 81.
  7. Кузьменкова, О.Ф. Вендские траппы Беларуси – перспективное сырье силикатной промышленности / О.Ф. Кузьменкова, И.А. Левицкий, С.Е. Баранцева, А.И. Позняк // *Литосфера*. Минск. – 2012. – № 2 (37). – С. 130–148.
  8. Левицкий, И.А. Импортозамещение при производстве керамических плиток для внутренней облицовки стен // И.А. Левицкий, С.Е. Баранцева, А.И. Позняк // *материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов»*, Минск, 22–23 ноября 2012 г.: в 2 ч. – Минск: БГТУ, 2012. – Ч.1. – С. 38–42.
  9. Пищ, И.В. Влияние комплексных разжижающих добавок на реологические свойства керамических шликеров / И.В. Пищ [и др.] // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-технич. конф.*, Могилев, 19–20 апреля 2012 г.: в 2 т. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2012. – Т.1. – С. 153–154.
  10. Корнилова, Т.М. Получение стеклодоломитовых листов // Т.М. Корнилова, М.И. Кузьменков, Е.В. Лукаш // *Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорган. в-в.* – 2012. – С. 48–50.
  11. Кузьменков, М.И. Получение извести из доломита / М.И. Кузьменков, В.С. Новиков // *Строительные материалы.* – 2012. (подана в печать).

12. Лукаш, Е.В. Неавтоклавный пенобетон на основе магнезиально-го цемента // Е.В. Лукаш, М.И. Кузьменков // Строительные материалы. – 2012. – №11. – С. 33–36.
13. Технология комплексной переработки доломита на минеральные вяжущие и технические продукты / М.И. Кузьменков // Международная научно-практическая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности в производстве строительных материалов», Минск, 22–23 ноября 2012 г., БГТУ; ред. кол. И.А. Левицкий, М.И. Кузьменков, Л.А. Башкиров. – 2012. – С. 6–10.
14. Применение доломитовой извести в составе ячеистого бетона автоклавного твердения / М.И. Кузьменков, В.С. Новиков // Международная научно-практическая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности в производстве строительных материалов», Минск, 22–23 ноября 2012 г., БГТУ; ред. кол. И.А. Левицкий, М.И. Кузьменков, Л.А. Башкиров. – 2012. – С. 16–19.
15. Технология получения полиминерального гипсового вяжущего из доломита и серной кислоты / Д.М. Кузьменков, А.А. Сакович, О.В. Беланович // Международная научно-практическая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности в производстве строительных материалов», Минск, 22–23 ноября 2012 г., БГТУ; ред. кол. И.А. Левицкий, М.И. Кузьменков, Л.А. Башкиров. – 2012. – С. 19–24.
16. О возможности повышения кондиционности каолинового сырья различными методами обогащения / Е.М. Дятлова [и др.] // Материалы научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 13–20 февраля 2012 г. БГТУ – С. 37.
17. Полуокислые и шамотные огнеупорные материалы на основе природного и обогащенного каолина «Ситница» / О.А. Сергиевич [и др.] // Материалы научно-технической конференции: Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов, Минск, 22–23 ноября 2012 г. БГТУ – С. 73–77.

18. Алюмосиликатные огнеупорные материалы на основе каолинов Республики Беларусь / Е.М. Дятлова [и др.] // *Материалы. Технологии. Инструменты*, Гомель, 2012 – Т.17, № 3. – С. 27–31.
19. Kapshai, M.N. Porous silicate materials for thermal insulation buildings and constructions / M.N. Kapshai, B.V. Plyusch, V.E. Gaishun // *Book of Abstracts 6<sup>th</sup> International Conference on Chemistry and Chemical Education «Sviridov Readings 2012»*. – Minsk, Belarus, 9–13 April 2012. – P.22. (Капшай, М.Н. Пористые силикатные материалы для теплоизоляции зданий и сооружений / М.Н. Капшай, Б.В. Плющ, В.Е. Гайшун // *Сборник тезисов докладов 6 Международной научной и научно-методической конференции «Свиридовские чтения 2012»*, Минск, Беларусь, 9–13 апреля 2012. – С. 22.
20. Косенок, Я.А. Пеносиликатные материалы на основе аэросила технического и минерального природного сырья / Я.А. Косенок, В.Е. Гайшун, Б.В. Плющ, М.Н. Капшай, С.Л. Матюха, В.Ф. Кадол // *Материалы доклада 7-й Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: теория и практика»*, Гомель, 24–25 мая 2012. – С. 79–80.
21. Платонов, А.П. Дорожные лакокрасочные материалы / А.П. Платонов, А.А. Трутнёв, С.Г. Ковчур // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2012. – № 21. – С. 134–139.
22. Платонов, А.П. Получение и свойства железосодержащих неорганических пигментов / А.П. Платонов, А.А. Трутнёв, С.Г. Ковчур // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2012. – № 22. – С. 137–142.
23. Новые коагулянты и флокулянты в процессах водоподготовки / А.В. Гречаников, А.П. Платонов, С.Г. Ковчур, А.С. Ковчур // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2012. – № 23. – С. 102–107.
24. Платонов, А.П. Новые коагулянты и флокулянты / А.П. Платонов, А.А. Трутнёв, С.Г. Ковчур // 45-я Республиканская науч.-техн. конф. препод. и студ., посвящённая году книги: тез. докл., Витебск, 27 апреля 2012. / ВГТУ, – Витебск, 2012. – С. 56–57.
25. Матвейко, Н.П. Антикоррозионная композиция для защиты арматуры и закладных деталей железобетона / Н.П. Матвейко, В.Г. Зарапин, Е.А. Бусел // *Вестник ВГТУ*. - 2012. – № 22. – С. 126–129.

26. Васильев, А.А. Оценка коррозионного состояния железобетонных элементов с учетом карбонизации бетона // Строительство и восстановление искусственных сооружений: материалы Респ. Науч.-практ. конф. / под общ. ред. А.Г. Гордюка; Министерство образования Республики Беларусь, БелГУТ, – Гомель: БелГУТ, 2012. – С. 41–46.
27. Васильев А.А. Критерии оценки технического состояния железобетонных элементов по физико-химическим характеристикам бетона // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства: сборник науч.-техн. работ: В 2 ч. / Министерство образования Республики Беларусь, БНТУ. – Минск: БНТУ, 2012. – 2 ч, – С. 39–47.
28. Адарченко, Е.О. Исследование карбонизации бетона после тепловлажностной обработки с учетом степени гидратации цемента // Проблемы транспорта и транспортного соединения: материалы II Международной студенческой научно-практ. конф. – Гомель: БелГУТ, 2012. – С. 193–196.
29. Адарченко, Е.О. Перспективы использования моделей карбонизации бетона // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Межд. науч. техн. конф. молод. ученых – Могилев: Белорус.-Рос.ун-т, 2012. – С. 137.
30. Васильев, А.А., Адарченко, Е.О. Физико-химический анализ бетона основа качественной оценки технического состояния железобетонных элементов // Проблемы безопасности на транспорте: материалы IV Международной научно-практ. конф. – Гомель: БелГУТ, 2012.
31. Куземкина, Г.М. Влияние свойств окружающей среды на напряженно-деформированное состояние строительных армированных композитов / Г.М. Куземкина, О.И. Якубович, А.О. Шимановский // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки: междунар. сб. науч. тр. – Гомель: БелГУТ, 2011. – Вып. 5. – С. 77–82.
32. Куземкина, Г.М. Влияние структуры и свойств материалов композита на его напряженно-деформированное состояние / Г.М. Куземкина, А.О. Шимановский, О.И. Якубович, Ю.М. Плещачевский // Механика – 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике, Минск, 26–28 октября 2011.: в 2 т. / Объединен. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – Минск, 2011. – Т.2. – С. 57–62.

33. Черноус, Д.А. Мезомеханический анализ свойств полимерных композитов, армированных короткими волокнами, с учетом межфазного слоя / Д.А. Черноус, С.В. Шилько, С.В. Панин // Механика композитных материалов. – 2012. – № 2 – С. 249–260.
34. Прасол, А.В. Воздействие хлоридов на железобетонных конструкции: моделирование проникновения в бетон / А.В. Прасол, С.Н. Леонович // Наука и техника. – 2012. – № 2. – С. 34–38.
35. Прасол, А.В. Модели периода иницирования коррозии арматуры / А.В. Прасол, С.Н. Леонович // Строительные материалы. – 2012. – № 9.
36. Шевченко, Д.Н. Исследование изменения показателя щелочности поровой жидкости по сечению бетона / Д.Н. Шевченко [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2012. – № 1 (24). – С. 74–77
37. Моделирование надежности системы, обеспечивающей подвижность образцов ВВТ / Д.Н. Шевченко [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте: материалы VІ Междунар. науч.-практич. конф., Гомель, 29–30 ноября 2012. – Гомель: БелГУТ, 2012 – С. 117.
38. Талецкий, В.В. Моделирование ресурса железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлора, методом Монте-Карло / В.В. Талецкий, Д.Н. Шевченко, А.В. Степанова // Проблемы безопасности на транспорте: материалы VІ Междунар. науч.-практич. конф., Гомель, 29–30 ноября 2012 г. – Гомель: БелГУТ, 2012. – С. 301.
39. Талецкий, В.В. Исследование величины сцепления стеклопластиковой арматуры с бетоном / В.В. Талецкий, Т.С. Якимчик // Проблемы безопасности на транспорте: материалы VІ Междунар. науч.-практич. конф., Гомель, 29-30 ноября 2012 г. – Гомель: БелГУТ, 2012. – С. 304.
40. Талецкий, В.В. Нарушения несущих железобетонных конструкций путепроводов, вызванные хлоридной агрессией / В.В. Талецкий, А.В. Степанова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-технич. конф., Могилев, 19-20 апреля 2012. в 2 ч. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – Ч. 2 – С. 127.
41. Степанова, А.В. Модель прогнозирования срока службы железобетонных конструкций при воздействии хлоридов / А.В. Степанова // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-технич. конф.,

- Могилев, 19–20 апреля 2012 г.: в 2 ч. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2012. – Ч. 2. – С. 126.
42. Эберхардштайнер, Й. Изучение влияния наноразмерных добавок на механическое поведение цементных блоков / Й. Эберхардштайнер, С. Жданок, Б. Хрусталев, Э. Батяновский, С. Леонович, П. Самцов // Наука и техника. Минск: БНТУ, 2012. – № 1, – С 52–55.
43. Леонович, С.Н. Воздействие хлоридов на железобетонные конструкции: моделирование проникновения в бетон / С.Н. Леонович, А.В. Прасол // Наука и техника. Минск: БНТУ, 2012. – № 2. – С. 34–38.
44. Снежков, Д.Ю. Комбинирование оценок прочности бетона конструкций неразрушающими методами испытаний / Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович, С.Н. Купрейчик, А.В. Марцинкевич // в сб. трудов XVIII Международного научно-методического семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Т. 1 – Новополоцк: ПГУ, 2012. – С. 210–218.
45. Снежков, Д.Ю. О сопоставимости методик неразрушающих испытаний бетона конструкций по действующим государственным стандартам и нормам евросоюза / Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович, А.В. Вознищик // в сб. науч.-техн. статей «Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства», Ч. 2. – Минск: БНТУ, 2012. – С. 137–147.
46. Снежков, Д.Ю. О нормировании ультразвукового метода определения прочности бетона / Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович, С.Н. Купрейчик, А.В. Марцинкевич // в сб. трудов XVIII международного научно-методического семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Т. 1. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – С. 254–261.
47. Прасол, А.В., Леонович, С.Н. Моделирование деформирования и разрушения железобетонных конструкций в условиях хлоридной коррозии: сб. науч.-техн. работ в 2 ч. Ч. 2: Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов европейского союза в области строительства (материалы научно-методического семинара). – Минск: БНТУ, 2012 – С. 117–124.

48. Литвиновский Д.А., Зверев В.Ф., Леонович С.Н. Исследования механических свойств высококачественного бетона в условиях высокотемпературного нагрева: сб. науч.-техн. работ в 2 ч. Ч. 2: «Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов европейского союза в области строительства». – Минск: БНТУ, 2012 – С. 84–91.
49. Чернякевич, О.Ю., Леонович, С.Н. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций при карбонизации бетона с учетом Евронорм: сб. науч.-техн. работ в 2 ч. Ч. 2: Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов европейского союза в области строительства. – Минск: БНТУ, 2012 – С. 166–177.
50. Веренько, В.А., Афанасенко, А.А. Асфальтобетон повышенной деформационной устойчивости с применением асфальтогранулята: материалы девятой научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2012.
51. Веренько, В.А., Лир, С.В. Улучшение битумов комплексными модифицирующими добавками: материалы девятой научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2012.
52. Веренько, В.А., Ладышев, А.В. Необходимость учета анизотропии и нелинейности свойств асфальтобетона при расчете конструкций дорожных одежд на прочность: материалы научно-технической конференции «Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений». – Минск, 2012.
53. Веренько, В.А., Современные подходы в вопросах дорожного материаловедения и проектирования дорог: материалы научно-технической конференции «Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений». – Минск, 2012.
54. Веренько, В.А., Ладышев, А.В. Исследование особенностей напряжено-деформированного состояния асфальтобетонных покрытий дорожных одежд под воздействием транспортной нагрузки с применением метода конечно-элементарного анализа. 3-й практический семинар «Дорожное строительство. Мосты и развязки» – Минск: ООО «Отраслевые форумы», 2012.
55. Сизов, В.Д. Новая конструкция многослойной стеновой панели / В.Д. Сизов, Л.В. Нестеров // Наука – образованию,

- производству, экономике: материалы 10 Международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ. – Т.1. – С. 138.
56. Орлович, А.И. Обоснование выбора теплоносителя для тепловой обработки железобетонных изделий в заводских условиях / А.И. Орлович, Л.В. Нестеров // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 10-й Международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ. – Т.1. – С. 143;
57. Веренько, В.А. Особенности тепловлажностного режима пористых слоев асфальтобетонных покрытий / В.А. Веренько, В.Д. Сизов // Наука и техника. – 2012. – № 5. – С. 33–37.
58. Скачек, А.В. Дрейф показаний тензометрических датчиков при длительном нагружении: материалы 5-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение–2012». – Минск: БНТУ, – 2012. – С. 215–216.
59. Скачек А.В., Скачек В.А., Соломахо, В.Л. Проектирование тензорезистивных датчиков усилия для систем весового дозирования: материалы 5 Международной научно-технической конференции «Приборостроение–2012». – Минск: БНТУ, – 2012. – С. 217–218.
60. Скачек, А.В., Скачек В.А., Соломахо, В.Л., Петрусенко, П.А. Оптимизация конструкции тензорезистивных датчиков силы: материалы 9 Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиноведения. – Гомель: ГГТУ 2012. – С. 104–105.
61. Скачек, А.В., Скачек, В.А., Цитович, Б.В., Соломахо, В.Л. Компенсация погрешности измерений мультисенсорных силоизмерительных систем в условиях их нестационарного нагружения. «Метрология и приборостроение–2012». – № 3. – С. 28–31.
62. Хрусталеv, Б.М. Повышение качества использования первичного топлива в энергосистеме Республики Беларусь / Б.М. Хрусталеv, В.Н. Романюк, Я.Н. Ковалев, В.Д. Акельев, Н.А. Коломыцкая // Энергетика: изв. вузов и энергет. об-ний СНГ. – 2012. – № 4. – С. 66–74.
63. Хрусталеv, Б.М. К вопросу использования возобновляемых источников энергии в энергоэффективном строительстве. Б.М. Хрусталеv, В.М. Пилипенко, В.Д. Акельев, Нго Туар Киет // Энергетика: изв. вузов и энергет. об-ний СНГ. – 2012 - № 5. – С. 4.

64. Акельев, В.Д. Тепло- и массоперенос в остекленных приквартирных пространствах. В.Д. Акельев, В.Д. Сизов, А.С. Пенкрат, // Строительная наука и техника. – 2012. – № 2(41). – С. 54–58.
65. Хрусталеv, Б.М. / Эксергия асфальтобетонной смеси // Б.М. Хрусталеv, Я.Н. Ковалеv, В.Н. Романюк // сб. ст. и докл. ежегодной науч. сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. – М., МАДИ, 2012. – С. 102–112.
66. Нагорнов, В.Н. Участие когенерационных установок для покрытия переменной части графика электрических нагрузок / В.Н. Нагорнов, Н.А. Коломыцкая // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2012.
67. Романюк, В.Н. Анализ работы асфальтобетонных заводов Республики Беларусь в контексте использования их теплотехнологического когенерационного потенциала / В.Н. Романюк, Н.А. Коломыцкая // Энергетика в 21 веке: материалы Респ. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2012.
68. Романюк, В.Н. Совершенствование энергообеспечения теплотехнологий строительных материалов / В.Н. Романюк // Энергетика в 21 веке: материалы Респ. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2012.
69. Хрусталеv, Б.М. / Эксергия асфальтобетонной смеси // Б.М. Хрусталеv, Я.Н. Ковалеv, В.Н. Романюк // сб. ст. и докл. ежегодной науч. сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. – М.: МАДИ, 2012.
70. Хрусталеv, Б.М. / Пути повышения качества энергообеспечения производства асфальтобетонных смесей на основе интенсивного энергосбережения: материалы научно-технической конференции, посвященной 50-летию республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БеллорНИИ». – Минск, 25–26 октября 2012. – С. 233–238.
71. Пантелеенко, Ф.И. Лабораторная установка для исследований технологических особенностей сварки тонколистового проката при изготовлении систем вентиляции / Ф.И. Пантелеенко, В.А. Писарев // Сборник материалов 15-го Международного симпозиума «Технологии. Оборудование. Качество», в рамках

- Белорусского промышленного форума–2012, 15–18 мая 2012, Минск. – 2012. – С.111.
72. Пантелеенко, Ф.И. Новые возможности сварки тонколистового проката /Ф.И. Пантелеенко, В.А. Писарев // Бел.стройгаз. – 2012. – 23 мая 2012, –С. 9.
73. Пантелеенко, Ф.И. Оценка деформаций и короблений при изготовлении систем вентиляции с применением сварочных процессов / Пантелеенко Ф.И., Писарев В.А., Гусев С.В. // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 10-й Международ. науч.-техн. конф., Минск: в 4 ч./ БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталеv [ и др.]. – Минск. 2012. – Ч.1 – С. 324.,С. 480.
74. Жизняков, С.Н. Правильный выбор и подготовка сварочных материалов-основа эффективного производства сварочных работ / Жизняков С.Н. // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 10-й Международ. науч.-техн. конф., Минск: в 4 ч. БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталеv [ и др.]. – Минск. 2012. – Ч. 1 – С. 321, С. 480.
75. Хрусталеv, Б.М. Теплообмен в приквартирных остекленных светопрозрачных пространствах/ Б.М. Хрусталеv, В.Д. Акельев, А.С. Пенкрат // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 10 Международной научно-технической конференции. Минск, БНТУ.
76. Акельев, В.Д. Технология реабилитации стволов дымовых труб с утилизацией химически активных компонентов дымовых газов. В.Д. Акельев, И.М. Золотарева, Е.А. Черванева, // Вестник командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2012. - № 2 (16). – С. 104-113.
77. Хрусталеv, Б.М., Тепло-и массоперенос в ограниченных пространствах строительных конструкций. Б.М. Хрусталеv, И.Б. Янчарский, В.Д. Акельев, Е.А. Черванева, // Вестник командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2012. - № 2 (16). – С. 114-121.
78. Шведовский, П.В. Особенности оценки и прогноза изменчивости строительных свойств грунтов геомассива в пределах строительных площадок / П.В. Шведовский, П.С. Пойта, Д.Н. Клебанюк // Вестник БрГТУ, Строительство и архитектура, № 1. – 2012, С. 82–85.
79. Пойта, П.С. Особенности формирования зоны уплотнения грунта при уплотнении грунтового основания тяжелыми трамбовками:

- матер. XVIII Межд. науч.-техн. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовка инженерных кадров Республики Беларусь». Т. 2. ПГУ, Новополоцк, 2012. – С. 189–196.
80. Шведовский, П.В. Особенности оценки и учета изменчивости деформационно-прочностных свойств грунтовых оснований при их уплотнении: материалы XVIII Межд. науч.-техн. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовка инженерных кадров Республики Беларусь». Т. 2. ПГУ, Новополоцк, 2012. – С. 250–254.
81. Клебанюк, Д.Н. Особенности процесса распределения давлений и напряжений при уплотнении неоднородных грунтовых оснований тяжелыми трамбовками: матер. XVIII Межд. науч.-метод. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовка инженерных кадров Республики Беларусь». Т. 2. ПГУ, Новополоцк, 2012. – С. 239–244.
82. Драган, В.И. Методика расчета живучести структурных конструкций системы «БрГТУ» / В.И. Драган, Н.Л. Морилова // Вестник БрГТУ. – 2012. – № 1 (73): Строительство и архитектура. – С. 39–46.
83. Драган, В.И. Разработка новой конструкции узла соединения стержней беспрогонных структурных плит / Драган В.И., Пчелин В.Н, Юськович В.И., Семенюк О.С. // Вестник БрГТУ. – 2012. – № 1 (73): Строительство и архитектура. – С. 121–123.
84. Драган, В.И. Действительная работа металлической комбинированной структурной оболочки покрытия ледового катка по ул. Головацкого в г. Гомеле / В.И. Драган, А.Б. Шурин // Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев, 2012. – № 1.
85. Драган, В.И. Исследование большепролетных покрытий с применением металлических структурных конструкций системы «БрГТУ» при запроектных воздействиях: сб. трудов XVIII Международного научно-методического семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Новополоцк, 28–29 ноября 2012.: в 2 т. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – Т. 1 – С. 16–24.
86. Драган, В.И. Комбинированная структурная оболочка покрытия ледового катка по ул. Головацкого в г. Гомеле: сб. трудов XVIII Международного научно-методического семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве

- и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Новополоцк, 28-29 ноября 2012.: в 2 т. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – Т. 1. – С. 53–58.
87. Устинов, Д.Б. Переработка кровельных битумных отходов. «Экология на предприятии», Минск, № 4 (10) – 2012 – С. 33–43.
  88. Устинов, Д.Б. Технология и оборудование для переработки в порошок кровельных битумных отходов // «Экология на предприятии», Минск, № 5 (11) – 2012. – С. 91–96.
  89. Устинов, Д. Рециклинг кровельного битума: технические решения, оборудование, расчеты // БСГ «Строительная газета» Беларусь, № 39 от 24.10.2012 г.
  90. Устинов Д.Б. Доклад. Технология и оборудование по переработки кровельных битумных отходов и вторичное их использование // 14-я Международная специализированная выставка «Вода и тепло: энерго и ресурсосбережение», Минск – 2012. – Каталог. – С. 162.
  91. Устинов, Д.Б. Доклад. Инновационные технологии и оборудование для переработки строительных битумных отходов в вяжущий порошок для производства на его основе строительных смесей и экологических сорбентов // Специализированная выставка "Инновационные технологии утилизации и переработки отходов", ГКНК, Минск – 2012. – Каталог «Инновационная продукция».
  92. Модель расширяющегося композита (РБК) для прогнозирования величины самонапряжения в условиях трехосного ограничения / И.П. Павлова [и др.]. // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1 (25). – С. 52.
  93. Бондаренко, В.М. Проектирование самонапряженных сталебобетонных элементов // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1 (25). – С. 67–73.
  94. Павлова, И.П. Бетоны с компенсированной усадкой. Возможности и перспективы применения. Строительство и восстановление искусственных сооружений: материалы Республиканской научно-практической конференции – Гомель: БелГУТ, 2012. – С. 86–90.
  95. Бондаренко, В.М. К вопросу о применении сталебобетонных конструкций. Строительство и восстановление искусственных сооружений: материалы Республиканской научно-практической конференции – Гомель: БелГУТ, 2012. – С. 12–17.

96. Разумейчик, В.С. Влияние микронаполнителя на процессы формирования микроструктуры цементного камня / В.С. Разумейчик, С.С. Дереченник // Вестник БрГТУ: Строительство и архитектура. – 2012. – № 1 (73). – С. 46–51.
97. Серенков, П.С. Развитие теории и практики экспертного оценивания в области стандартизации / П. С. Серенков, В. М. Романчак, В.Л. Гуревич, О.А. Власюк // Весці НАН Беларусі. Сер. Фіз.-тэхн. навук. – 2012. № 2. – С. 109–116.
98. Серенков П.С. Проблема минимизации рисков от деятельности по стандартизации в области строительства / П.С. Серенков, В.М. Романчак, В.Л. Гуревич, А.В. Янушкевич // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2012. – № 2. – С. 57–60.
99. Серенков, П.С. Экспертная система оценки рисков стандартизации в области строительства. Перспективы практической реализации / П.С. Серенков, [и др.] // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2012. № 4. – С. 34–37.
100. Янушкевич, А.В., Серенков, П.С. Повышение эффективности управления рисками нормативно-методического обеспечения в области строительства при помощи экспертной системы / Янушкевич, А.В., Серенков, П.С // Новые направления развития приборостроения: материалы 5-й Междунар. студ. науч.-техн. конф. / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет; под ред. Гусев О.К. [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – С. 279.
101. Янушкевич, А.В., Романчак, В.М. Создание подсистемы нормирования риска нормативно-методического обеспечения в области строительства в рамках разрабатываемой экспертной системы / А.В. Янушкевич, В.М. Романчак // Новые направления развития приборостроения: материалы 5-й Междунар. студ. науч.-техн. конф. / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет; под ред. Гусев О.К. [и др.] – Минск: БНТУ, 2012. – С. 278.
102. Серенков, П.С., Янушкевич, А.В. Экспертная система оценки рисков как эффективный инструмент повышения результативности деятельности по стандартизации / П.С. Серенков, А.В. Янушкевич // Приборостроение-2012: материалы 5-й Междунар. науч.-техн.

- конф., Минск, 21–23 ноября 2012 г. / БНТУ; редкол.: О.К. Гусев (председатель) [и др.]. – Минск, 2012. С. 211–212.
103. Серенков, П.С. Методика нормирования риска стандартизации в области строительства / П.С. Серенков, В.Л. Гуревич, В.М. Романчук, А.В. Янушкевич, О.А. Власюк // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2012. – № 5. – С. 42–47.
104. Бусел, А.В. Определение миграции веществ из шлака в воду. / А.В. Бусел, Н.П. Матвейко, А.О. Калыска // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2012. – № 3. – С. 74–80
105. Василевич, Ю.В. Зависимости между поперечными деформациями нитей и усилиями сжатия тканых материалов препрегов / Ю.В. Василевич, В.М. Сахоненко, С.В. Сахоненко, К.А. Горелый, Е.В. Малютин // Междун. научно-техн. сб. Теоретическая и прикладная механика. – 2012. – № 27. – С.97–102.
106. Василевич, Ю.В. Коэффициенты внутреннего трения для мультиаксиальных тканей / Ю.В. Василевич, В.М. Сахоненко, С.В. Сахоненко, К.А. Горелый, Е.В.Малютин // Междун. научно-техн. сб. Теоретическая и прикладная механика. – 2012. – № 27. – С. 309–314.
107. Василевич, Ю.В. Определение характеристик препрегов при сжатии / Ю.В. Василевич, В.М. Сахоненко, С.В. Сахоненко, К.А. Горелый, Е.В.Малютин // Междун. научно-техн. журнал Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 2 (19). – С. 53–57.
108. Василевич, Ю.В. Установление закономерностей поведения тканей при сжатии/ Ю.В. Василевич, В.М. Сахоненко, С.В. Сахоненко, К.А. Горелый, Е.В. Малютин // Междун. научно-техн. журнал Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 3 (20)–4 (21). – С.166–169.
109. Василевич, Ю.В. Методика расчета термоупругого состояния анизотропной пластины, ослабленной эллиптическим отверстием / Ю.В. Василевич, Е.Ю. Неумержицкая, И.М. Галуза // Республ. Межвед. сборник научн. трудов «Машиностроение». – 2012. – Т.2. Вып. № 26. – С.106–110.
110. Василевич, Ю.В. Теория негомогенной пластичности деформируемых аморфных твердых тел / Ю.В. Василевич,

- О.М. Остриков // Республ. Межвед. сборник научн. трудов «Машиностроение». – 2012. – Т.2. Вып. №2–6. – С.111–116.
111. Василевич, Ю.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния упругих элементов при больших деформациях / Ю.В. Василевич, В.В. Левкович, Е.В. Томило // Сб. материалов VII Межд. науч.-техн. конф. «Современные методы и технологии создания и обработки материалов», Минск. ФТИ НАН Беларуси, 19–21.09.2012. В 3 книгах. Книга 3, 2012. – С.115–221.
112. Василевич, Ю.В. Структурная организация тканых наполнителей для композиционных материалов и ее влияние на анизотропию свойств / Ю.В. Василевич, В.М. Сахоненко, К.А. Горелый, Е.В. Малютин // Материалы XI математической конф. Беларуси – 2012, ноябрь. Минск.
113. Василевич, Ю.В. Прочностные и деформационные характеристики конструкционных изделий, изготовленных из гетерогенных полимерных материалов Ю.В. Василевич, В.М. Сахоненко, К.А. Горелый, Е.В. Малютин // Материалы XI математической конф. Беларуси – 2012, ноябрь. Минск.
114. Василевич, Ю.В. Некоторые методы расчета термонапряженного состояния элементов конструкций / Ю.В. Василевич, Е.Ю. Неумержицкая, Н.Б. Кардович // материалы Междун. научно-техн. конф. «Инновации в машиностроении – 2012», 17–19.10.2012. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси.
115. Василевич, Ю.В. Методические аспекты исследования термомеханических свойств материалов / Ю.В. Василевич, В.М. Сахоненко, К.А. Горелый, Е.В. Малютин // Материалы Междун. науч.-техн. конф. «Инновации в машиностроении – 2012», 17–19.10.2012. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси.

### **Научные статьи и доклады за рубежом**

1. Позняк, А.И. Получение плиток для внутренней облицовки стен на основе местного сырья / А.И. Позняк, И.А. Левицкий, С.Е. Баранцева // Стекло и керамика. Москва. – 2012. – № 3. – С. 3–7.
2. Poznyak A.I. Production of interior facing tiles using local raw materials / A.I. Poznyak, I.A. Levitskii, S.E. Barantseva // Glass and Ceramics. New York. – Vol. 69. – Jule, 2012. – P. 77–80.

3. Позняк, А.И. Базальтовые и гранитоидные породы как компоненты керамических масс для плиток внутренней облицовки стен / А.И. Позняк, И.А. Левицкий, С.Е. Баранцева // Стекло и керамика. Москва. – 2012. – № 8. – С. 17–22.
4. Кузьменкова, О.Ф. Петрургия траппов вендской Волынской-Брестской провинции / О.Ф. Кузьменкова, С.Е. Баранцева, А.И. Позняк, В.Г. Лугин // материалы XXIX Международной конференции «Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма», г. Судак, 14–18 сентября 2012 г., г. Москва, 21–22 сентября 2012 г. – Москва: ГЕОХИ РАН, 2012. – С. 83–84.
5. Попов, Р.Ю. Физико-технические свойства и фазовый состав обогащенных каолинов Республики Беларусь / Р.Ю. Попов, О.А. Сергиевич, Е.Л. Гук // Технология – 2012: материалы Междунар. научно-технической конференции, Северодонецк, 6–7 апреля 2012 г. / Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины, Технол. ин-т СНУ им. В. Даля, (г. Северодонецк) [и др.]. – Северодонецк: Технолог. ин-т СНУ им. В. Даля, 2012. – Ч. 1. – С. 150.
6. Сергиевич, О.А. Получение керамического кирпича на основе каолинов белорусского месторождения “Ситница” / О.А. Сергиевич // Технология – 2012: материалы Междунар. научно-технической конференции, Северодонецк, 6–7 апреля 2012 г. / М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Технол. ин-т СНУ им. В. Даля (г. Северодонецк) [и др.]. – Северодонецк: Технолог. ин-т СНУ им. В. Даля, 2012. – Ч. 1. – С. 151.
7. Особенности химико-минералогического состава и свойства каолинов белорусских месторождений / О.А. Сергиевич [и др.] // Стекло и керамика, М., 2012. – № 3. – С.25-31.
8. Попов, Р.Ю. Получение материалов технического назначения с использованием каолинов месторождений Республики Беларусь / Р.Ю. Попов, К.Б. Подболотов, И.Л. Пытько // Технология – 2012: материалы Междунар. научно-технической конференции, Северодонецк, 6–7 апреля. 2012 г. / М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Технол. ин-т СНУ им. В. Даля (г. Северодонецк) [и др.]. – Северодонецк: Технолог. ин-т СНУ им. В. Даля, 2012. – Ч.1. – С. 147–149.

9. Сергиевич, О.А. Особенности гранулометрического и минералогического составов каолинов месторождений Республики Беларусь / О.А. Сергиевич // *Строительные материалы*. – 2012. – № 8. – С. 17–19.
10. Леонович С.Н. Формирование пористой структуры силикатных теплоизоляционных материалов / С.Н. Леонович, Г.Л. Щукин, А.Л. Беланович, В.П. Савенко, С.А. Карпушенков // *Строительные материалы*. – 2012. – № 4. – С. 84–87.
11. Черноус, Д.А. Прогнозирование деформационно-прочностных характеристик дисперсно-армированных материалов / Д.А. Черноус, С.В. Шилько, Е.М. Петроковец // *Сб. трудов 3 МНПК Инновац. технол. и экономика в машиностр.: Юрга, 24–25 мая 2012 г.* – Т.1. – С. 291–298.
12. Serdyuk, V.M., Titovitsky, J.A. Rigorous methods for solving the problems of electromagnetic diffraction by slot obstacles / V.M. Serdyuk, J.A. Titovitsky / *Proceedings of the 14th International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory*. Kharkiv, Ukraine, August 28-30, 2012. – 2012. – Kharkiv, IEEE. – P. 134–137.
13. Shimanovsky A.O. Influence of friction between the contacting phases of the fiber composite on its stress-strain condition [Computer file] / A.O. Shimanovsky, M.G. Kuzniatsova, A.V. Putsiata, Yu. M. Pleskachevskii // *Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*, August 19-24, 2012, Beijing, China; editors Yilong Bai, Jianxiang Wang, Daining Fang : DVD-ROM. – Beijing, 2012. – 2 p. – 1 DVD-ROM.
14. Shimanovsky A.O. Influence of friction between the contacting phases of the fiber composite on its stress-strain condition / A.O. Shimanovsky, M.G. Kuzniatsova, A.V. Putsiata, Yu. M. Pleskachevskii // *Abstract Book of the 23<sup>rd</sup> International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*, August 19-24, 2012, Beijing, China. – Beijing: China Science Literature Publishing House, 2012. – P. 51.
15. Kuziomkina, H.M. The Special Features of the Deformation for the Bearing Building Constructions with Composite Reinforcement / H.M. Kuziomkina, A.O. Shimanovsky, V.I. Yakubovich // *Procedia Engineering*. – 2012. – Vol. 48. – P. 346–351.
16. Шинкарева, Е.В., Двухкомпонентный клей на основе водной эмульсии смолы ЭД-20 для углеволоконного усиления несущих

- железобетонных конструкций / П.И. Статкевич, В.Д. Кошевар, Н.Л. Будейко, С.Н. Леонович // Химическая промышленность. – 2012. Т. 89, № 7, – С. 349–358, ISSN 0023-110X.
17. Романюк, В.Н. Потенциал комбинированной выработки энергопотоков на базе промышленных теплотехнологий / В.Н. Романюк, Д.Б. Муслина, А.А. Бобич // Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – № 3. – 2012. – С. 51–63.
  18. Романюк, В.Н. / Энергообеспечение теплотехнологий производства асфальтобетонных смесей на основе интенсивного энергосбережения // Романюк В.Н., Бубырь Т.В. // сб. научн. трудов Проблемы теплоэнергетики. Вып. 2. – Саратов. СГТУ: 2012. – С. 204–211.
  19. Устинов Д.Б. Рециклинг кровельных битумных отходов // «Рециклинг отходов», (Санкт-Петербург), № 1 (37) – 2012. – С.18–22.
  20. Устинов, Д.Б. Машины для разборки старых рулонных кровель // Кровельные и изоляционные материалы. – № 4 – 2012. – С. 26–29.
  21. Устинов, Д.Б. Технология удаления защитного гравия при восстановлении рулонной кровли // «Кровельные и изоляционные материалы». Изд. ЦНТИ, «Композит XXI век» (Москва). – № 5 (47). – 2012 – С. 25–29.
  22. Устинов, Д.Б. Разборка защитного гравия и технологическое оборудование для удаления его с кровли // «Механизация строительства» (Москва), № 10 – 2012 – С. 4–9.
  23. Устинов Б.С., Устинов Д.Б. Вторичное применение переработанных кровельных битумных отходов в строительных смесях для изолирующих слоев в реконструируемых совмещенных крышах // «Кровельные и изоляционные материалы». Изд. ЦНТИ, «Композит XXI век» (Москва) – № 6 (47) – 2012 – С. 25–31.
  24. Устинов, Б.С., Устинов, Д.Б. Сухие дисперсные смеси на основе измельченных строительных битумных отходов с минеральными экокомпонентами // «Сухие строительные смеси». Изд. ЦНТИ, «Композит XXI век» (Москва). – № 6 (32). – 2012. – С. 22–26.
  25. Устинов, Д.Б. Доклад. New technology and equipment for bitumen waste utilization with industrial reuse. Ustinov Dmitry // Белорусско-Германский семинар «Научно-техническое сотрудничество и трансфер технологий в сфере энергоэффективности и переработки отходов» Минск, – 2012. – С. 48.

26. Павлова, І.П., Бондаренко, В.М. Прогнозування величини самонапруження в умовах тривісного обмеження деформацій на базі моделі бетонного композиту, що розширюється // Ресурсо-економні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць / Вип. 23. – 2012. – Ровно. – С. 364–372.
27. Бондаренко, В.М. Расчет самонапряженных сталетрубобетонных элементов // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць / Вип. 23. – 2012. – Ровно – С. 110–119.
28. Серенков, П.С., Инновационные решения проблем минимизации рисков в области строительства, обусловленных деятельностью по стандартизации / П.С. Серенков, В.М. Романчук, А.В. Янушкевич // Сборник научных трудов Института архитектуры и строительства МГСУ: научные труды Междун. молодежной конф. «Оценка рисков и безопасности в строительстве», Москва, 26–28 сентября 2012 г. / ФГБ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». – М.: МГСУ, 2012. – С. 250–252.
29. Expert Systems for Assessment, analysis and Management of Standardization performance by the criterion of acceptable risk / Valery Hurevich, Pavel Serenkov // 22 session of the Working Party on Regulatory Cooperation and Standardization Policies (WP.6 of UNECE), 7-9 November 2012 – [Electronic resource]. – 2012.
30. Шмурадко В.Т. Формирование состава, структуры и свойств теплоизоляционных огнетеплозащитных материалов на основе вермикулита для промышленной энергетики / В.Т.Шмурадко, Ф.И. Пантелеенко, О.П. Реут, Е.Ф. Пантелеенко, Н.В. Киршина // Новые огнеупоры. Москва: ООО "Интермет Инжиниринг." – 2012. – № 8. – С.39–44.
31. Василевич, Ю.В. Численное моделирование растянутых стальных образцов с U образными вырезами / Ю.В. Василевич, А.Е. Мойсейчик // материалы Международной конференции, 24–26.10.2012. М. ИМАШ им. И.И. Благонравова РАН.
32. Прасол, А.В. Железобетон в условиях хлоридной коррозии: деформирование и разрушение / А.В. Прасол, С.Н. Леонович // Строительные материалы. – 2012. – № 1.

## Оглавление

Введение .....	3
1. Краткая характеристика заданий программы .....	3
2. Результаты научных исследований по заданиям программы .....	13
Заключение .....	163
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	165

Научное издание

**ХРУСТАЛЕВ** Борис Михайлович  
**ЛЕОНОВИЧ** Сергей Николаевич

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА НАУЧНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
«СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ»  
(2011–2015 гг.):  
АНАЛИЗ ИТОГОВ ВТОРОГО ГОДА РАБОТЫ**

Научно-технический справочник

Подписано в печать 12.06.2013. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л.10,93. Уч.-изд. л. 8,54. Тираж 100. Заказ 362.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, Минск.