

**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. ХРУСТАЛЁВ  
С.Н. ЛЕОНОВИЧ**

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

Научно-технический справочник

Минск  
БНТУ  
2014

**Хрусталеv, Б. М.**

Государственная программа научных исследований «Строительные материалы и технологии» (2011–2015 гг.): Анализ итогов третьего года работы : научно-технический справочник / Б. М. Хрусталеv, С. Н. Леонович. – Минск : БНТУ, 2014. – 94 с.

ISBN 978-985-550-502-1.

Проанализированы итоги третьего года работы по выполнению ГПНИ «Строительные материалы и технологии», дана краткая характеристика заданий программы и описаны результаты их выполнения.

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

Рецензенты:

*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 программы

Основные цели и задачи ГПНИ «Строительные материалы и технологии» утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 09.06.2010 г. № 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 Хрусталев Б.М.

#### 1.2. Организации, участвующие в выполнении программы

Количество организаций, участвующих в выполнении программы ГПНИ «Строительные материалы и технологии» в 2013 г., – 9:

*Министерство образования* – 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».

#### 1.3. Количество заданий программы

Количество заданий, предусмотренных на 2013 год, всего – 40, из них:  
фактически выполнено – 35, исключено из программы – 0,  
не выполнено в срок – 0, включено в программу – 5.

**«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 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».

**«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 Белорусского государственного университета.

**«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 14»:** «Моделирование на мезоуровне механических свойств композиционных строительных материалов с учетом агрессивного воздействия окружающей среды». Научный руководитель – член-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук Плескачевский 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 Хрусталева 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. РУП "Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»".

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

**«Строительные материалы и технологии 27»:** «Разработка научных принципов создания технологических критериев аэродинамической и тепло- и массоэкологической устой-

чивости воздушно-теплового 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- и 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.

**«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».

**«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 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 Трeпачко В.М. Белорусский национальный технический университет.

**«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.

**«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 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.

**«Строительные материалы и технологии 42»:** «Разработка физико-химических основ получения из техногенного сырья специальных пропиточных составов на основе гексафторсиликата цинка, обеспечивающих повышенные эксплуатационные свойства бетонным и железобетонным изделиям». Научный руководитель – канд. техн. наук Хотянович О.Е. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

**«Строительные материалы и технологии 43»:** «Разработка импортозамещающей технологии предварительного напряжения монолитных железобетонных конструкций в построечных условиях, обеспечивающей ресурсосбережение в строительстве, повышение потребительских свойств и конкурентоспособности продукции строительного комплекса Республики Беларусь». Научный руководитель – д-р техн. наук Леонович С.Н. Белорусский национальный технический университет.

**«Строительные материалы и технологии 44»:** «Исследовать технические и технологические факторы, влияющие на несущую способность железобетонных труб для подземных трубопроводов и разработать рекомендации по расчету и проектированию трубопроводов из железобетонных труб». Научный руководитель – канд. техн. наук Шепелевич Н.И. РУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»».

**«Строительные материалы и технологии 45»:** «Разработка антикоррозионной композиции и способа её 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 46»** «Разработка теплоизоляционных штукатурок на основе импортозамещающего гидратированного силиката натрия и полых микросфер». Научный руководитель – канд. техн. наук Шинкарева Е.В. РУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»».

#### **1.4. Количество исполнителей заданий программы**

Количество исполнителей заданий программы в 2013 г.: всего – 219, в том числе:

- академиков НАН Беларуси – 1;
- членов-корреспондентов НАН Беларуси – 2;
- докторов наук (без учета академиков и членов-корреспондентов) – 25;
- кандидатов наук – 83;
- без учёной степени – 108.

Среди них:

- докторантов – 2;
- аспирантов – 18;
- магистрантов и студентов – 20.

#### **1.5. Объем финансирования заданий программы**

Объем финансирования заданий программы и сопровождения ГПНИ «Строительные материалы и технологии» в 2013 г.: всего – 4013,0 млн руб., из них:

- средства республиканского бюджета – 4013,0 млн руб., в том числе:

Министерство образования Республики Беларусь – 3943,0 млн руб.,

Национальная академия наук Беларуси – 70,0 млн руб.;

– внебюджетное финансирование (с указанием источников) – 4835,1 млн руб.;

Министерство образования – 4813,1 млн руб.,

НАН Беларуси – 22,0 млн руб.;

- ❖ выделено 22,0 млн руб. – на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 02»;
- ❖ ЗАО «Парад» выделило 50,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 04»;
- ❖ ОАО «Керамин» выделило 20,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 06»;
- ❖ ЗАО «Инома» выделило 20,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 07»;
- ❖ ООО «Инженерный центр «АМТ инжиниринг»» выделило 12,76 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 08»;
- ❖ ООО «Торговый дом «Уралбумага»», ЗАО «Пролетарий», ООО «Космосавиаспецстрой» выделили 106,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 10»;
- ❖ КУП «Гомельское областное УКС», ООО «Никова», ЧПУП «Гомельвторчермет» выделили 32,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 14»;
- ❖ ГП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»» выделило 90,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 23»;
- ❖ РУП «Белтехнология» выделило 32,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 25»;
- ❖ ОАО «Брестмаш» выделило 4 397,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 32»;
- ❖ выделено 10,0 млн руб. на исследования задания «Строительные материалы и технологии 34»;
- ❖ СООО «ПП Полесье» выделило 15,0 млн руб. на исследования задания «Строительные материалы и технологии 35»;
- ❖ НП РУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» выделило 12,0 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 36»;
- ❖ ЗАО «Парад» выделило 16,3 млн руб. на исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 42».

Объем выделенных бюджетных средств соответствует плану.

## **2. РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЗАДАНИЯМ ПРОГРАММЫ**

### **2.1. Важнейшие результаты научных исследований**

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 04» (УО «Белорусский государственный технологический университет», научный руководитель – канд. техн. наук Мечай А.А.) установлено, что научное значение работы состоит в целенаправленном воздействии на формирование структуры ячеистого бетона путем микроармирования игольчатыми кристаллами и повышении степени закристаллизованности гидросиликатной матрицы с помощью активирующих сульфоминеральных добавок. 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–D500 составляет 23–24 %, образцов, моди-



фицированных САФД – 19–20 %. Снижение коэффициента теплопроводности для модифицированного бетона составляет 10–30 % для марки по плотности D300, 10–20 % – для марки D400, 10–30 % – для марки D500 в зависимости от его состава. Усадка модифицированных образцов снижается по сравнению с контрольным на 8–10 %. Разработан технологический процесс получения модифицированного ячеистого бетона с маркой по плотности D300–D400.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 07» (УО «Белорусский государственный технологический университет», научный руководитель – д-р техн. наук Кузьменков М.И.) разработаны технологические параметры получения синтетического двухводного гипса, качество которого соответствует требованиям, предъявляемым к сырью высшего сорта, что является залогом получения из него высококачественных гипсовых вяжущих. Разработан оптимальный температурно-временной режим обжига доломита на доломитовую известь. Исследованы свойства модифицированной доломитовой извести. Проведена апробация 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. Намечен выпуск опытной партии синтетического гипса и гипсовых вяжущих на пилотной установке в учреждении Белорусского государственного университета «Республиканский центр проблем человека».

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 18» (Белорусский национальный технический университет, научный руководитель – канд. техн. наук Снежков Д.Ю.) зарегистрирован эффект модуляции скорости и затухания ультразвукового импульса поверхностной и продольной подповерхностной волн в направлении вектора напряжения в конструкционном бетоне класса по прочности C25/30 и C30/37 квазистатическим нагружением образцов до напряжения  $(0,2–0,3)f_c$ . Разработана методика оперативного неразрушающего определения прочностных показателей бетона железобетонных конструкций на основе комплекса, объединяющего ультразвуковой импульсный метод и метод динамического индентирования.

В рамках задания «Строительные материалы и технологии 23» (Белорусский национальный технический университет, РУП «Научно-технологический парк «Политехник»», научный руководитель – д-р техн. наук Веренько В.А.) разработаны теоретические основы проектирования дорожных одежд исходя из направленного регулирования свойств материалов конструктивных слоев как нелинейных и анизотропных систем. Оптимизированы процессы проектирования дорожных асфальтобетонных покрытий исходя из требований к срокам их службы до капитального ремонта в заданных условиях эксплуатации. Разработан технический нормативный документ, который содержит рекомендации по проектированию, а также типовые конструкции нежестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования (Типовые строительные конструкции, изделия и узлы: «Конструкции нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной грузонапряженности». Серия Б3.503.-1.12). Разработаны рекомендации по проектированию асфальтобетонных покрытий проезжей части железобетонных мостовых сооружений (ДМД 02191.2.066–2013 «Рекомендации по проектированию асфальтобетонных покрытий проезжей части мостового полотна»).

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.) предложена модель нестационарного теплообмена в многослойных пневмоопорных ограждениях. Предложены терминологические обоснования аэродинамической и термодинамической устойчивости относительно диффузионной капельных потоков в отапливаемых объектах. Представлена методика расчета коэффициентов массо-

усвоения, показателей массообменной инерции слоя резких колебаний потенциалов массопереноса ограждений. В результате исследований предложен термин «коэффициент диффузионной устойчивости материала», характеризующий материал ограждения с точки зрения сопротивления колебаниям давления, парциальных давлений водяного пара при определенных амплитудах диффузионных потоков, показано, что диффузионная, аэродинамическая устойчивость относительно массопотоков в строительных объектах определяется формой объектов, связью между тепло- и массопотоками строительных объектов в зависимости от формы объектов; плотность массопотоков в венткоммуникациях и массодинамическая устойчивость помещений зависят от пространственного распределения атмосферного давления, концентраций различных компонентов, отношение амплитуды колебаний диффузионных потоков водяного пара к амплитудам колебаний давлений у более нагретых поверхностей зависит от коэффициентов массоусвоения (пара) у более нагретых поверхностей.

По результатам исследования по заданию «Строительные материалы и технологии 32» (УО «Брестский государственный технический университет», научный руководитель – канд. техн. наук Драган В.И.) для обеспечения высокой надежности большепролетных (уникальных) объектов с применением металлических структурных конструкций системы «БрГТУ» при их проектировании, изготовлении, строительстве и эксплуатации был выполнен комплекс научных, экспериментальных и организационных работ, учитывающих применение нестандартных конструктивных решений, методов изготовления, монтажа и мониторинга построенных объектов. Проведены исследования напряженно-деформированного состояния большепролетных покрытий различных геометрических форм: купол покрытия здания Национального олимпийского комитета в г. Минске ( $D_{\text{купола}} = 46,19$  м,  $H_{\text{купола}} = 20,75$  м); оболочки по форме синусоиды покрытия ледового катка в г. Гомеле (размер в плане  $57,8 \times 49,09$  м); консольных оболочек двоякой кривизны покрытия сцены амфитеатра в г. Молодечно ( $L_{\text{оболочки}} = 35,66$  м,  $B_{\text{оболочки}} = 19,46$  м). Выполнена оценка влияния формы покрытия на работу сооружений при проектных и запроектных нагрузках и воздействиях. Разработана методика прямого расчета металлических структурных конструкций системы «БрГТУ», основанная на нелинейном расчете элементов вплоть до потери устойчивости сжатых и растянутых стержней и перераспределения усилий в системе. Построены диаграммы деформирования покрытий для всех запроектированных сооружений с применением структурных конструкций системы «БрГТУ», что дает возможность описать процесс накопления повреждений и уровни запаса несущей способности для всех этапов их проектного и особого нагружений. Разработана методика прямого расчета вероятности отказа и определения индекса надежности, которая устанавливает критерии живучести структурных конструкций системы «БрГТУ», подвергаемых прогнозируемым воздействиям, и позволяет выполнять оптимизацию элементов конструкций. Реализация предложенной методики и алгоритма расчета при решении задач проектирования и реконструкции сложных конструктивных структурных систем покрытий с применением узлового соединения системы «БрГТУ» позволяет вполне обоснованно принимать решения по их защите от прогрессирующего обрушения в запредельных состояниях. Проведен технический мониторинг Летнего амфитеатра в г. Витебске путем измерения амплитудно-частотных характеристик конструкций большепролетного сооружения. По экспериментальным данным частот собственных колебаний конструкции исследовано напряженно-деформированное состояние покрытия в режиме реального времени. Стабильность характеристик напряженно-деформированного состояния конструкций при одинаковых силовых воздействиях доказывает высокий уровень надежности сооружения.

## 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. Государ-  
10

ственное 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» установлена перспективность использования в качестве защитного состава растворов натриевого жидкого стекла, модифицированного акриловой кислотой, и нефтешлама. Проникая в пористую структуру бетона, акрилосиликатный раствор заполняет поры и капилляры бетона, в которых происходит гелеобразование. Установлено, что при взаимодействии нефтешлама с материалом бетона происходит его деэмульгирование – вода проникает вглубь бетона, а масляная часть вытесняется в приповерхностный слой, гидрофобизируя его. Исследовано структурообразование нефтешлама в капиллярно-пористой матрице бетона в присутствии наноструктурного модификатора – аморфного кремнезема, предварительно переведенного в органозоль. Установлено, что при введении в нефтяной битум отработанной отбеливающей глины жиры и жирные кислоты играют роль эмульгаторов, обеспечивая однородность, пластичность и очень высокую адгезию композиции, а высокодисперсные минеральные частицы кремнезема и бентонитовой глины повышают прочность материала. Результаты испытаний адгезии приведены на рисунке 1.

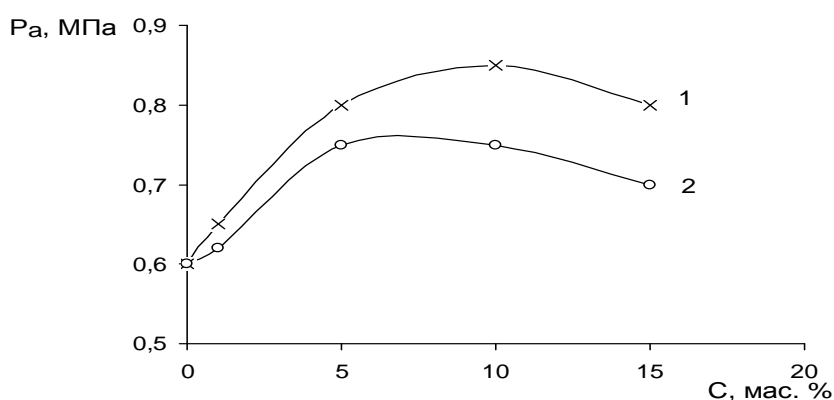


Рисунок 1 – Зависимость адгезии битума к бетону от содержания отработанного адсорбента (1) и нефтешлама (2)

Как следует из приведенных данных, введение в битум изучаемых модификаторов значительно повышает его адгезию к бетону.

Научная новизна полученных результатов заключается в получении новых данных о физико-химических явлениях в капиллярно-пористой матрице силикатных материалов (в первую очередь бетонов) в присутствии наноструктурных соединений и их влиянии на структурообразовательный процесс в исследуемой композиционной силикатной матрице. Практическая значимость заключается в том, что в результате выполнения задания оптимизированы составы и технология получения покрытий для защиты бетонных и металлических строительных конструкций:

1. Битумный лак, мас. %: нефтяной битум 48–68, нефтешлам 5–30, сиккатив 4–5 и растворитель.

2. Битумно-полимерная мастика, мас. %: битум 46–62; бутилкаучук 3,4–8,6; отработанный при масложировом производстве адсорбент 12–16; нефтешлам 10–15 и растворитель.

По сравнению с применяемыми аналогами разработанные композиции содержат в своем составе нефтешлам и отработанный адсорбент (в среднем 20–25 %), что значительно снижает их стоимость. Изготовлены опытные партии битумного лака и битумно-полимерной мастики, которые переданы на Мозырскую ПМК-106 ОАО «Полесьестрой» для проведения опытно-промышленных испытаний. По результатам предварительных исследований, разработанные покрытия обеспечивают высокий защитный эффект от прямого воздействия атмосферных факторов и не имеют видимых дефектов на поверхности после шести месяцев эксплуатации. Разработанные защитные композиции будут использованы в строительной индустрии.

стрии для повышения механической прочности и атмосферостойкости бетонных и железобетонных изделий и конструкций, подверженных воздействию атмосферных факторов и повышенной влажности. Использование в защитных составах нефтешлама позволит частично решить проблему его утилизации на нефтеперерабатывающих заводах.

**«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», кафедра химической технологии вяжущих материалов.

В ходе исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 04» изучены основные эксплуатационные свойства ячеистого бетона с марками по плотности D300–D400. Влажность после автоклавной обработки для контрольных образцов с маркой по плотности D300 составляет 23 %, модифицированных образцов – 17–19 %. Сорбционная влажность контрольного образца бетона составляет 7 %, модифицированного – 5,8 %. Снижение коэффициента теплопроводности для модифицированного бетона составляет 10–15 %. Усадка модифицированных образцов снижается по сравнению с контрольным на 6–8 % (для модифицированных образцов – 0,34 мм/м). Влажность после автоклавной обработки для контрольных образцов с маркой по плотности D400 составляет 24 %, модифицированных – 15–19 %. Сорбционная влажность контрольного образца бетона составляет 7 %, модифицированного – 5 %. Снижение коэффициента теплопроводности для модифицированного бетона составляет 15–20 %. Усадка модифицированных образцов снижается по сравнению с контрольным на 8–10 % (для модифицированных образцов – 0,33 мм/м). Разработан технологический процесс получения модифицированного ячеистого бетона с маркой по плотности D300–D400.

Научная значимость работы состоит в целенаправленном воздействии на формирование структуры ячеистого бетона путем микроармирования игольчатыми кристаллами и повышении степени закристаллизованности гидросиликатной матрицы с помощью активирующих сульфо-минеральных добавок (рисунок 2). Разработаны схемы технологических процессов получения добавки САФД и модифицированного автоклавного ячеистого бетона с указанием необходимых технологических параметров применительно к производственным условиям. Результаты НИР могут быть использованы на действующих предприятиях по производству строительных материалов Республики Беларусь (ОАО «Минский КСИ», ОАО «Сморгоньсиликатобетон», ЗАО «Могилевский КСМ», ОАО «Гомельстройматериалы», ОАО «Березовский КСИ»).

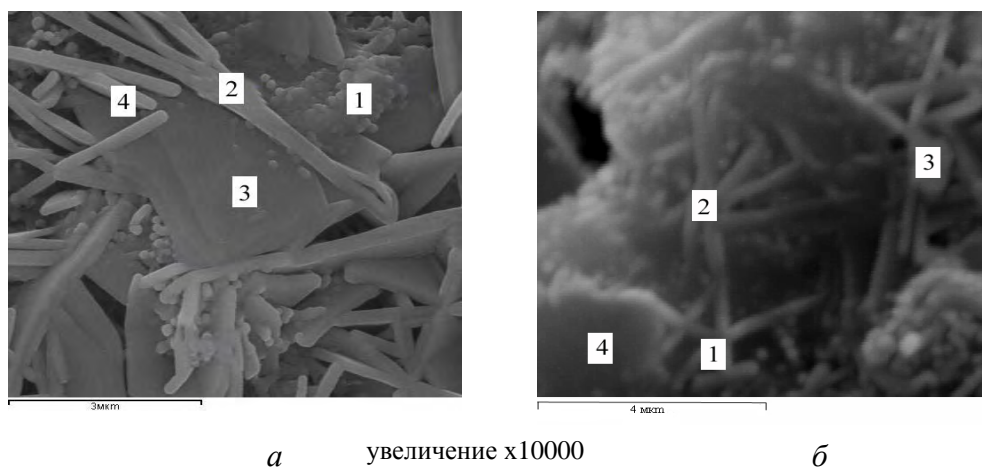


Рисунок 2 – Электронно-микроскопические снимки ячеистого бетона, модифицированного САФД:  
*a* – кристаллы низкоосновных гидросиликатов кальция;  
*б* – кристаллы этtringитоподобных соединений

Микроструктура образца, представленная на рисунке 2, а, содержит игольчатые, волокнистые и пластинчатые кристаллы длиной 1,5–5,0 и 0,5–3,0 мкм в поперечнике, а также их сростки. Элементный состав кристаллов соответствует алюминий- и железозамещенным низкоосновным гидросиликатам кальция переменного состава группы CSH(I). При использовании в качестве модифицирующей добавки САФД достигается большая степень замещения в структуре тоберморита и таким образом увеличивается его кристаллизационная способность. Это является предпосылкой к повышенной долговечности материала за счет устойчивости к воздействию различных видов физической и химической коррозии.

**«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» разработаны составы матовой и прозрачной глазури с повышенной температурой начала оплавления (спекания), обеспечивающие при однократном обжиге формирование качественных бездефектных покрытий керамических плиток для внутренней облицовки стен, аналогичных импортным. Определено оптимальное соотношение оксидов в покрытиях, в частности, для матового –  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,81$  ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 = 0,073$ ;  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 3,75$ ; для прозрачного –  $\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,5$ , что обусловило повышение температуры начала оплавления (спекания) глазурей на 100–120 °С в первом случае и на 30–50 °С – во втором, рисунок 3.

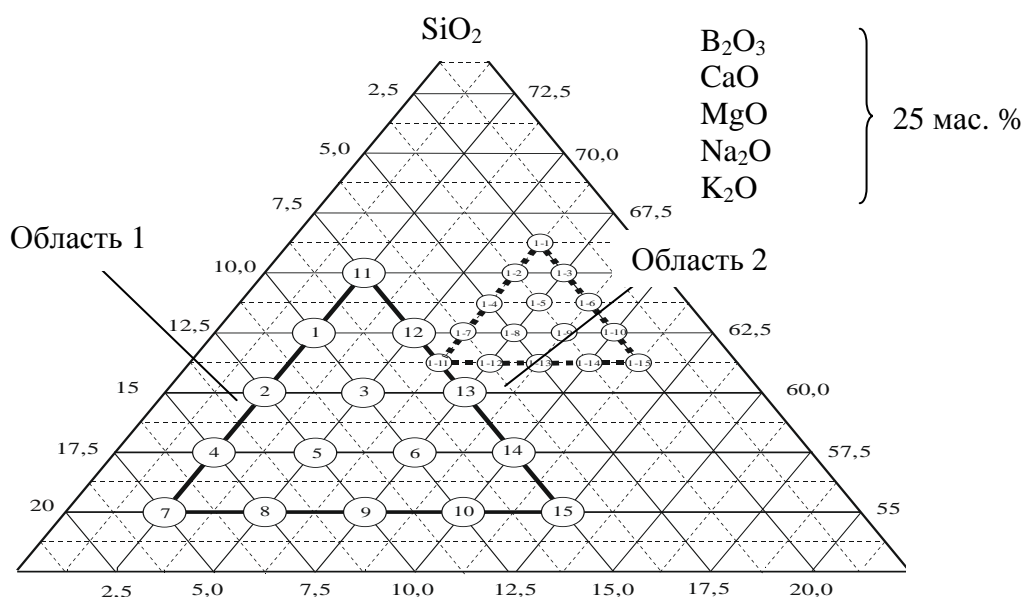


Рисунок 3 – Области исследованных составов прозрачных глазурей

Научная значимость результатов состоит в выявлении зависимостей температуры начала оплавления (спекания) глазурей при формировании прозрачного покрытия от соотношения  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$  и от соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  и  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  при формировании матового покрытия (рисунок 4). Это позволило разработать составы покрытий, обеспечивающие повышение температуры начала оплавления (спекания) глазурей. Разложение карбонатных включений, присутствующих в керамической массе, происходит при температурах 720–840 °С, а температура начала оплавления (спекания) глазурей составляет 930 и 1020 °С, что обуславливает расширение температурного интервала «дегазация черепка–формирование покрытия».

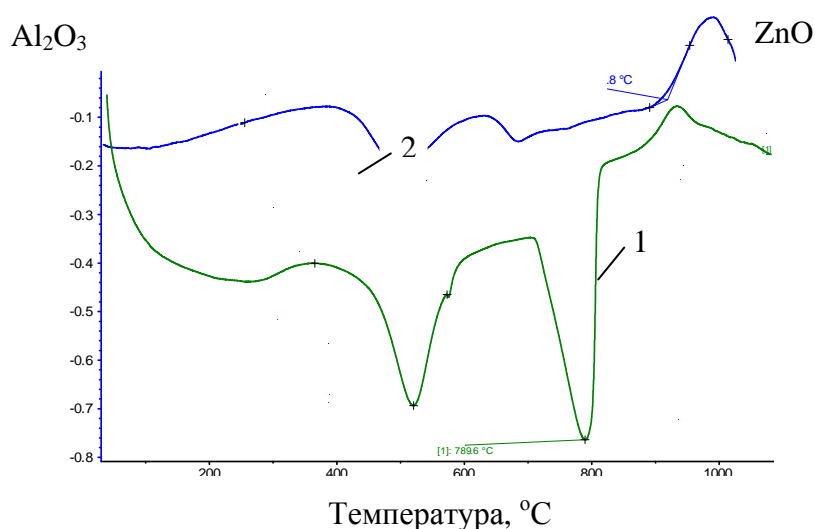


Рисунок 4 – Кривые ДСК керамической массы (1) и матовой глазури (2)

Практическая значимость состоит в разработке рецептуры покрытий, обеспечивающих импортозамещение. Результаты исследования могут быть использованы в сфере промышленного и гражданского строительства Министерства архитектуры и строительства.

**«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» подобрано оптимальное содержание добавок дефлокулянтов (натриевое жидкое стекло и фосфонат натрия при их мольном соотношении 4:1), обеспечивающих получение шликера с требуемыми реологическими показателями: влажность – 28 %; относительная вязкость – 6,2 °Е; коэффициент загустеваемости – 1,32; рН – 8,9; электрокинетический потенциал – 45 мВ. Эффективность применения в керамических шликерах органических дефлокулянтов в сочетании с традиционными неорганическими добавками обусловлена эффектом синергизма, т. е. усиления действия компонентов при их совместном введении.

Научная новизна работы заключается в установлении закономерности регулирования реологических свойств литевых шликеров и глазурных суспензий, применяемых в производстве керамических плиток и санитарных керамических изделий, путем сочетания добавок дефлокулянтов различной природы, что позволяет создать дополнительное электростатическое отталкивание в коагуляционной системе и формирование гидратных слоев вокруг глинистых частиц из-за наличия гидрофильных групп в молекулах дефлокулянтов.

Практическое значение работы подтверждено непрерывно возрастающими объемами выпуска строительных материалов (керамических плиток, санитарных керамических изделий и др.), в производстве которых применяется шликерная подготовка керамических масс, что требует не только регулирования реологических характеристик керамических суспензий, но и непрерывного изыскания способов снижения себестоимости продукции. К таким способам относятся снижение влажности применяемых суспензий при сохранении удовлетворительных реологических показателей от 36,5 до 33,6 %, что позволит уменьшить расход топлива при получении пресс-порошков для керамических плиток, а также частичная или полная замена дорогостоящих импортных дефлокулянтов.

Минимальная вязкость достигается при содержании

0,3 %  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  + 0,1 % ПАН + 0,1 % ФХ44 (состав № 8);

0,25 %  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  + 0,05 % ФХ-44 (состав № 9), рисунок 5.

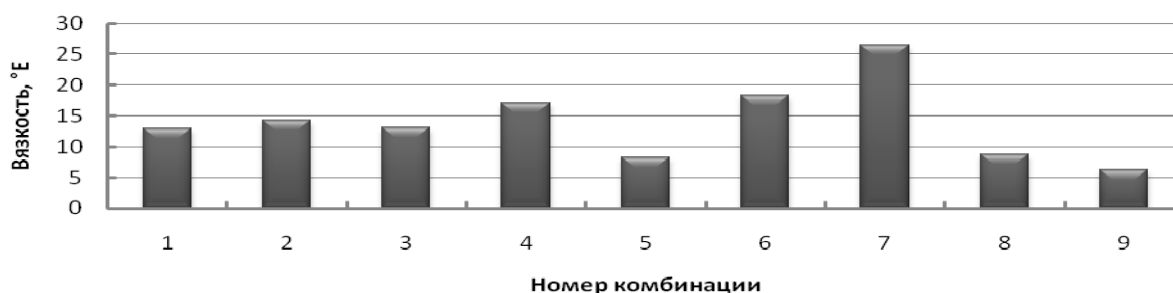


Рисунок 5 – Влияние комбинации электролитов на вязкость суспензии

**«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» разработаны технологические параметры получения синтетического двухводного гипса, качество которого соответствует требованиям, предъявляемым к сырью высшего сорта, что является залогом получения из него высококачественных гипсовых вяжущих. 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. Показана перспективность использования такого вида вяжущего для производства наиболее востребованных строительных материалов, таких как стекломagneзитовый лист, неавтоклавный пенобетон и др.

Разработан оптимальный температурно-временной режим обжига доломита на доломитовую известь. Исследованы свойства модифицированной доломитовой извести. Проведена апробация доломитовой извести в технологии производства автоклавных силикатных материалов (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-механические свойства ячеистого бетона на основе доломитовой извести

Наименование показателя	Значение показателя
Средняя плотность, $\text{кг/м}^3$	515–520
Марка по плотности	D 500
Прочность при сжатии, МПа	2,4–2,8
Класс по прочности	B 2,0
Морозостойкость	F 35
Отпускная влажность, %	21,3–25,4

Новизна разработки заключается в получении новых сведений о процессе получения синтетического дигидрата сульфата кальция, в результате чего установлено, что оптимальным является двухстадийное разложение доломитовой суспензии серной кислотой, содержащей 3–4 % тарафталевой кислоты, позволяющее получить крупнокристаллический  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;

о химии твердения каустического доломита при его затворении растворами хлорида и сульфата магния, установлении существенных различий в механизмах их твердения. Научные и прикладные результаты исследований могут быть использованы предприятиями по производству гипсовых вяжущих, строительной извести, магнезиального цемента.

Разработаны оптимальные температурно-временные параметры процесса обжига доломита на каустический доломит и его затворения раствором хлорида и сульфата магния.

Установлены особенности механизма твердения магнезиального цемента. На основании проведенных исследований определены основные физико-механические свойства вяжущего (таблица 2).

Таблица 2 – Физико-механические свойства вяжущих

Наименование показателя	Значение			
	Каустический доломит	Каустический магнезит ПМК-75		Портланд-цемент, ГОСТ 10178-85
		ГОСТ 1216-87	EN 14016-1:2004	
1. Остаток на сите с сеткой № 008, мас. %, не более	15	–	30	15
2. Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	950–1000	–	Не менее 1000	900–1000
3. Нормальная густота, %	30–36	–	–	24–28
4. Начало схватывания, мин, не ранее	20	20	30	45
5. Конец схватывания, ч, не позднее	8	6	5	10
6. Прочность на растяжение при изгибе, МПа, в возрасте, сут, не менее				
3	4	–	–	–
14	8	–	8–9	5,9
7. Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут, не менее				
3	25	–	–	–
14	50	–	50–60	49 (28 сут)
8. Прочность на сдвиг, МПа, в возрасте, сут, не менее				
3	0,3	–	–	–
14	0,6	–	–	–

**«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 технологии стекла и керамики.

При выполнении задания «Строительные материалы и технологии 08» и проведения исследования свойств природных и обогащенных каолинов разработаны составы керамических масс, включающих каолины «Ситница» и «Дедовка», для получения тугоплавких, огнеупорных и технических материалов, изучены их физико-технические характеристики, фазовый состав и структура.

Синтезированы составы масс, содержащие природный каолин месторождения «Ситница» и тугоплавкую глину «Городное» для получения керамического кирпича с улучшенными термомеханическими характеристиками, которые можно применять для футеровки печных вагонеток, а также для строительства бытовых печей и каминов.

Разработаны огнеупорные материалы алюмосиликатного типа с применением в качестве основного сырья природных и обогащенных каолинов Республики Беларусь, шамотного отощителя и небольшого количества огнеупорных глин. Изучены показатели спекания ке-



рамыки (плотность, пористость, водопоглощение), ее прочностные и деформационные характеристики. Установлено влияние технологических факторов на формирование фазового состава и структуры материала. Выявлено, что определяющее влияние на свойства керамических материалов оказывает соотношение  $Al_2O_3/SiO_2$ . Избыточное количество свободного несвязанного кремнезема, которое характерно для необогащенного каолина, ухудшает термические и прочностные характеристики керамики, так как при этом формируются такие кристаллические фазы, как кристобалит,  $\alpha$ -кварц, характеризующиеся значительным термическим расширением.

На опытном производстве ГП «Институт НИИСМ» изготовлена опытная партия огнеупорных изделий с использованием природных и обогащенных (мокрым способом) каолинов Республики Беларусь. Выявлено, что применение необогащенного каолина «Ситница» позволяет получить низкоглиноземистые шамотные (полукислые) алюмосиликатные огнеупорные материалы группы LF 10, в случае использования обогащенного каолина – шамотных уплотненных алюмосиликатных огнеупорных материалов группы FC 35 согласно ГОСТ 28874–2004. Выпущена опытная партия огнеупоров и проведены испытания изделий на производственном участке ОАО «Гомельстекло».

Установлены закономерности изменения физико-технических характеристик керамических огнеупорных материалов и их фазового состава от температуры обжига, содержания и вида применяемого каолина. Синтезирована термостойкая кордиеритсодержащая керамика и изучены ее свойства, структура и фазовый состав в зависимости от температуры обжига, содержания каолинов и способа обогащения применяемого каолинового сырья.

Отработана методика химического обогащения природного сырья для получения керамики технического назначения. Очистка от оксидов железа осуществлялась несколькими способами:

восстановлением  $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$  гидросульфитом натрия в солянокислой среде;

восстановлением  $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$  гидросульфитом натрия в сернокислой среде с использованием катионита.

Использование химического способа обогащения позволило снизить содержание соединений железа в продукте в 1,5 раза, что является предпосылкой повышения термических и электроизоляционных характеристик материалов на основе каолина.

На основе обогащенного каолина «Дедовка» разработаны составы керамических масс для получения термостойкой кордиеритсодержащей керамики. Фазовый состав материала представлен преимущественно кордиеритом, в качестве побочных фаз фиксировались кварц, муллит, корунд, энстатит и шпинель. Разработанные композиции применялись для изготовления партии керамических изоляторов в количестве 231 шт. для ООО «Инженерный центр «АМТ Инжиниринг»», которые в настоящее время успешно эксплуатируются в промышленных условиях в качестве конструктивных элементов тепловых агрегатов.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлены оптимальные составы, включающие природные и обогащенные каолины Республики Беларусь, а также условия синтеза, обеспечивающие получение керамических материалов строительного (кирпич для строительства бытовых печей, каминов и других низкотемпературных агрегатов) и технического (электроизоляционные материалы и огнеупоры) назначения с заданными физико-техническими характеристиками.

Установлена зависимость изменения содержания красящих оксидов ( $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ) от вида применяемых при химическом обогащении отечественных каолинов реагентов, их концентрации, рН-среды, а также дополнительно вводимых компонентов (катионитов, трилон Б) и других условий повышения кондиционности сырья. Установлены научные предпосылки применения природных и обогащенных каолинов Республики Беларусь для получения технической керамики и огнеупоров.

На основе обогащенного каолина «Дедовка» разработаны составы керамических масс для получения термостойкой кордиеритсодержащей керамики. Разработанные композиции

применялись для изготовления партии термостойких изоляторов для ООО "Инженерный центр «АМТ Инжиниринг»", которые в настоящее время эксплуатируются в промышленных условиях в качестве конструктивных элементов индукционных установок. Разработаны огнеупорные материалы алюмосиликатного типа с применением в качестве основного сырья природного и обогащенного каолина «Ситница» (Республика Беларусь), шамотного отощителя и небольшого количества огнеупорных глин. Выпущена опытная партия огнеупоров на опытном производстве ГП «Институт НИИСМ» и проведены испытания изделий на производственном участке ОАО «Гомельстекло».

**«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» для полученных пеносиликатных и пеностеклокерамических материалов на основе кремнеземов техногенного (технический аэросил – отходы производства Гомельского химзавода и др.) и природного (трепел Хотимского месторождения Могилевской области) происхождения, рисунок 6, проведены комплексные исследования свойств (плотности, прочности на сжатие, теплопроводности, водопоглощения, водостойкости и др.).



Рисунок 6 – Фотографии пеносиликатных (слева) и пеностеклокерамических (справа) материалов на основе кремнеземов техногенного и природного происхождения

В зависимости от исходного состава и процентного соотношения компонентов образцы пеносиликатов имеют плотность от 0,10 до 0,41 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии – от 2,5 до 9,2 кгс/см<sup>2</sup>, коэффициент теплопроводности – от 0,04 до 0,12 Вт/м·°С при 25 °С. Введение в состав сырьевой смеси водоупрочняющих добавок (ZnO, Na<sub>2</sub>B<sub>2</sub>O<sub>7</sub> H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) позволило повысить водостойкость получаемых пеносиликатов и снизить их водопоглощение до 4 %, но при этом привело к их утяжелению. Образцы водостойких пеностеклокерамических материалов в зависимости от состава и соотношения исходных компонентов имеют плотность 0,30–0,57 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 55–93 кгс/см<sup>2</sup>, коэффициент теплопроводности 0,10–0,12 Вт/м·°С при 25 °С, водопоглощение 0–5 %.

При разработке и получении пористых силикатных материалов использовались кремнеземы техногенного происхождения (отходы производства Гомельского химзавода) и природного, имеющегося в Республике Беларусь (трепела Хотимского месторождения Могилевской области). На их основе получены водостойкие пеносиликатные и пеностеклокерамические материалы. Разработанные материалы экологически безопасны, относятся к негорючим материалам, температурный предел их использования – от –50 до +800 °С. Результаты выполнения задания могут быть использованы на предприятиях Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь при разработке и выпуске новых видов как теплоизоляционных, так и конструктивно-теплоизоляционных строительных материалов на основе

отходов производства и местного сырья. В использовании полуфабрикатов и отходов производства применение разработанных материалов позволит повысить уровень пожарной безопасности на объектах промышленности, зданиях и сооружениях, а также снизить теплопотери и затраты на отопление. Использование разработанных пеностеклокерамических материалов в качестве конструкционно-теплоизоляционных не потребует применения дополнительных материалов по тепло-, звуко- и влагозащите. Их применение в качестве ограждающих материалов стен при многоэтажном строительстве существенно снизит вес постройки, требования к фундаменту и ее стоимость.

**«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» проведена адаптация метода многочастотного микроволнового контроля влагосодержания, основанного на использовании одностороннего датчика резонаторного типа, применительно к строительным цементосодержащим смесям и бетонам с целью повышения качества и снижения материалоемкости строительных работ.

Разработан универсальный алгоритм обработки данных по измерению параметров поля полуоткрытого диэлектрического цилиндрического резонатора, который позволяет использовать его в качестве одностороннего датчика физических параметров разнообразных диэлектрических материалов в различных условиях. Для адаптации такого датчика к конкретному классу материалов и конкретным производственным условиям достаточно ввести в управляющую программу результаты калибровочных измерений. Помимо строительной отрасли подобный датчик может применяться в системах контроля технологических процессов в самых различных отраслях народного хозяйства. Основным его преимуществом помимо универсальности являются высокая точность измерений и нечувствительность к изменению внешних условий. Общая конструктивная схема полуоткрытого микроволнового диэлектрического резонатора, используемого в качестве одностороннего датчика физических параметров плоских диэлектрических материалов, представлена на рисунке 7.

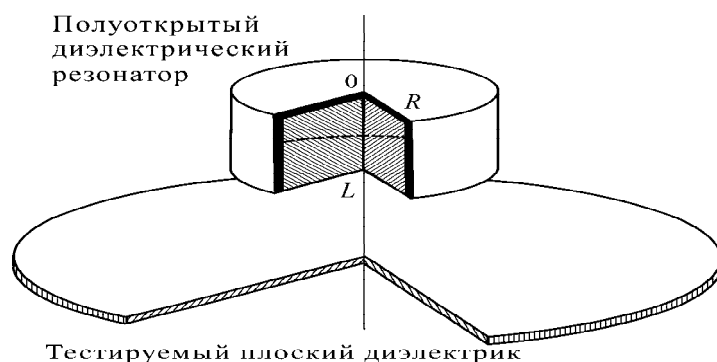


Рисунок 7 – Полуоткрытый микроволновой диэлектрический резонатор

**«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» определены технологическая возможность и практическая целесообразность получения теплоизоляционных материалов методом вспучивания силикатной и глинистой массы при комнатной температуре

с помощью пенообразователя. Реализация этого процесса осложняется трудностью удаления из системы твердеющей пористой структуры избытка влаги, процессом усадки и коробления материала при сушке, а также невозможностью получения теплоизоляционной структуры с высоким значением коэффициента вспучивания.

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 конституционная вода, которая начинает удаляться из объема силикатной массы при температуре 180–250 °С. Интенсивное удаление избытка свободной и адсорбированной влаги на начальной стадии в основном приводит к образованию крупных, сквозных пор и раковин.

Разработаны исходные рабочие составы глинистой массы, выявлены особенности их получения и установлены оптимальные способы и параметры их поризации, сушки и обжига. Определено, что термическая поризация глинистой массы, а также использование в качестве порообразователя алюминиевой пудры обеспечивает получение пористых изделий с плотностью 600–900 кг/м<sup>3</sup> со сквозной и нерегулярной структурой пор. Для получения пенокерамических изделий с более низкой плотностью (400–200 кг/м<sup>3</sup>) можно использовать технологию поризации шликерной глинистой массы органическими порообразователями, например порообразователь «Beloran LP-50», который позволяет получить плотноупакованные бездефектные высокоорганизованные поровые структуры.

Полученные результаты представляют научный и практический интерес для дальнейшей разработки технологического процесса производства строительных теплоизоляционных материалов.

**«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 промышленной экологии.

В ходе выполнения задания «Строительные материалы и технологии 12» установлено, что неорганические отходы станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей можно использовать для изготовления высококачественных строительных пигментов типа «охра» и «сурик». Для этого отходы необходимо прокалить при 900 °С в течение двух часов и измельчить в шаровой мельнице в течение одного часа (таблица 3).

Таблица 3 – Свойства неорганических прокалённых отходов

Наименование показателя	Значение показателя	
	Прокалённые отходы котельной «Южная» ОАО «Витязь»	Прокалённые отходы станций обезжелезивания водозабора № 4 «Лучёса» г. Витебска
Содержание оксида трёхвалентного железа, масс. %	60–65	58–64
рН водной вытяжки суспензии	6,5–6,8	6,6–7,0
Маслоёмкость, г/100 г пигмента, не более	15–20	15–20
Укрывистость, г/м <sup>2</sup> , не более	17–20	18–22
Степень дисперсности, мкм	140–150	130–150
Остаток после мокрого просеивания на сетке № 0063, не более, %	0,2	0,3

По основным качественным и количественным показателям прокалённые отходы котельной «Южная» ОАО «Витязь» и станции обезжелезивания водозабора № 4 «Лучёса» г. Витебска соответствуют строительному пигменту «сурик», импортируемому из России. Содержание оксида трёхвалентного железа находится в пределах 58–65 %, укрывистость – не более 17–22 г/м<sup>2</sup>.

Разработана новая технология производства фасадной краски с использованием полученных пигментов, позволяющая сократить продолжительность технологического процесса на 7–9 ч, что даёт возможность экономить топливно-энергетические ресурсы и повышать производительность труда (таблица 4).

Таблица 4 – Временные нормы технологического процесса производства фасадной краски

Наименование стадии	Продолжительность стадии	
	Стандартная технология	Новая технология
1. Подготовка сырья	30 мин	30 мин
2. Растворение полистирола (получение лака)	4–4,5 ч	–
3. Перетир лака с пигментом, наполнителем, пластификатором и поверхностно-активным веществом	18–24 ч	–
4. Измельчение твёрдых компонентов (полистирола, прокалённых отходов станций обезжелезивания и ТЭЦ)	–	5–6 ч
5. Диспергирование твёрдых компонентов с растворителем, пластификатором, поверхностно-активным веществом	–	10–12 ч
6. Постановка краски на тип	1 ч	1 ч
7. Очистка краски от примесей и фасовка в тару	30 мин	30 мин
Итого	24–30,5 ч	17–20 ч

На основании изучения химического состава неорганических отходов, образующихся на станциях обезжелезивания и теплоэлектроцентралях, разработаны составы и технологии изготовления отделочных строительных материалов: железосодержащих пигментов, цветной тротуарной плитки и фасадной краски, в составе которых используются неорганические отходы, образующиеся при водоподготовке на теплоэлектроцентралях и станциях обезжелезивания. Результаты работы могут быть использованы в организациях Министерства архитектуры и строительства для производства конкурентоспособной продукции – строительных пигментов, цветной тротуарной плитки, фасадной краски. Подготовлены практические рекомендации для объединений «Витебскоблремстрой», «Минскремстрой» для производства высококачественных строительных материалов.

Классический технологический процесс производства фасадных красок включает следующие стадии:

- подготовку сырья;
- растворение пленкообразующего и получение лака;
- перетир лака с пигментом, наполнителем, пластификатором и поверхностно-активным веществом;
- постановку краски на тип;
- очистку краски от примесей и фасовка в тару.

Новая технология производства фасадной краски заключается в том, что вначале проводят подготовку сырья, перетир всех твёрдых компонентов, а затем диспергирование полученной смеси с растворителем, пластификатором и поверхностно-активным веществом.

Новая технология производства фасадной краски сокращает продолжительность технологического процесса на 7–9 ч, что даёт возможность экономить топливно-энергетические ресурсы и повышать производительность труда.

**«Строительные материалы и технологии 14».** «Моделирование на мезоуровне механических свойств композиционных строительных материалов с учетом агрессивного воздей-

ствия 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» выполнен конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния композита с зернами заполнителя на основе двух моделей: с жестким соединением заполнителя с матрицей и с учетом внутренних контактных взаимодействий (рисунок 8).

Установлены особенности распределения эквивалентных по Мизесу напряжений в матрице композита и контактных напряжений трения на поверхности заполнителя (рисунок 9).

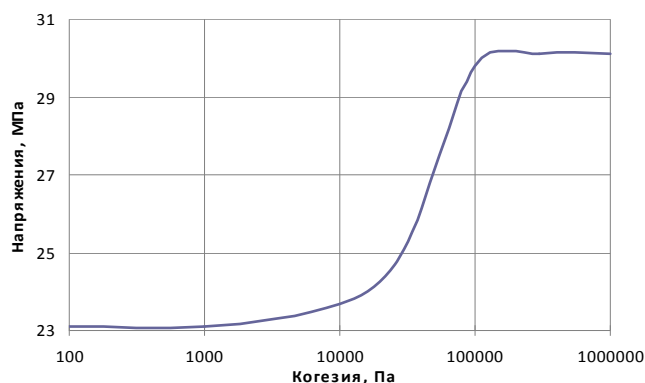


Рисунок 8 – Зависимость напряжений в арматуре от когезии между арматурой и матрицей

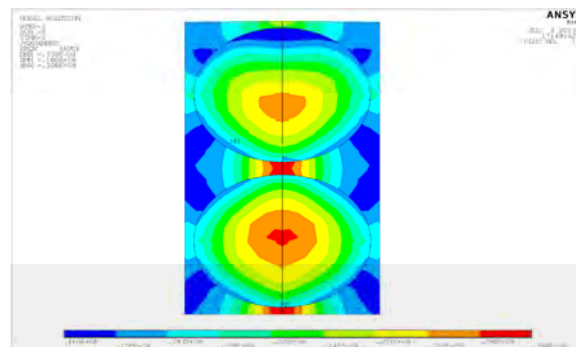


Рисунок 9 – Эквивалентные по Мизесу напряжения в выделенном элементе

Выполненные расчеты продемонстрировали, что в диапазоне от 10 до 100 кПа наблюдается существенное изменение напряженно-деформированного состояния композита: напряжения в арматуре увеличиваются до 30 %.

Схема распределения эквивалентных по Мизесу максимальных напряжений показывает, что наибольшие напряжения в цементной матрице возникают также в месте наибольшего сближения гранул. Максимальные напряжения в гранулах возникают в их центре. Значения напряжений в матрице и гранулах близки. Применение методики конечно-элементного моделирования композитного материала на мезоуровне, учитывающей контактное взаимодействие между матрицей и армирующей фазой, позволило установить особенности распределения внутренних контактных напряжений. Предложенная методика позволяет разработать рекомендации по подбору связующих, обеспечивающих требуемую прочность бетонных и железобетонных элементов.

**«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» обработаны лабораторные испытания и определена глубина проникновения хлор-ионов в бетон. Сопоставлены результаты экспериментальных исследований с результатами расчета по предложенной вероятностной модели. В результате верификации достоверности модели уточнены отдельные параметры модели. По предложенной имитационной модели выполнены расчеты ресурса железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлора.

В результате лабораторных определений концентрации ионов хлора в защитном слое бетона балок пролетных строений в зависимости от срока и условий эксплуатации установлено, что концентрация хлора в балках, подвергающихся только атмосферным воздействиям, не превышает 0,1 % и незначительно увеличивается со временем эксплуатации. Это средние

балки пролетного строения и крайние балки при наличии тротуаров шириной 2,0 м и более, не подвергающиеся увлажнению дождевыми, талыми водами и растворами солей антиобледенителей. Такое содержание хлора допускается в используемом цементе для изготовления предварительно напряженных балок пролетных строений мостов и путепроводов.

В местах балок, подвергающихся увлажнению дождевыми, талыми водами и растворами солей антиобледенителей, концентрация хлоридов со временем эксплуатации увеличивается и в отдельных случаях достигает предельной концентрации, при которой происходит коррозия арматуры. Концентрация ионов хлора, измеренная в бетоне рядом с арматурой, подверженной коррозионному разрушению, составила 0,4 % по отношению к массе бетона. Следовательно, эту величину концентрации ионов хлора можно принять за предельную концентрацию, при которой происходит коррозионное разрушение арматуры.

По результатам лабораторных исследований получены профили распределения концентраций ионов хлора по глубине защитного слоя бетона. Профили определялись для мест балок, подвергающихся увлажнению дождевыми, талыми водами и растворами солей антиобледенителей. Установлено, что концентрация ионов хлора у поверхности на глубине до 20 мм примерно равна 0,1 % и практически не зависит от сроков эксплуатации. Скорее всего, на концентрацию хлора в поверхностном слое влияет увлажнение поверхности дождевыми водами и, соответственно, вымывание хлора с поверхностного слоя бетона. Концентрация ионов хлора на глубине защитного слоя от 20 до 40 мм увеличивается в зависимости от срока эксплуатации. Наибольшая концентрация 0,45 % Cl<sup>-</sup> по отношению к весу бетона была в защитном слое на глубине 30–40 мм в балке со сроком эксплуатации 50 лет.

В балках на глубине 30–40 мм находится ненапрягаемая арматура, которая в первую очередь подвергается коррозии от взаимодействия с ионами хлора. В соответствии с нормами минимальная толщина защитного слоя бетона для балок пролетных строений путепроводов и мостов составляет 40 мм. Напрягаемая рабочая арматура расположена глубже, за ненапрягаемой арматурой. Следовательно, учитывая расход хлора на коррозию ненапрягаемой арматуры, концентрация ионов хлора у напрягаемой арматуры будет меньше.

С целью определения проникновения ионов хлора в бетон выполнены лабораторные испытания железобетонных балок, подвергавшихся воздушно-капельному орошению 3%-м раствором NaCl. Для проведения испытаний использовались шарнирно опертые железобетонные балки, нагруженные сосредоточенной силой в середине пролета, и ненагруженные балки. Нагружение выполнялось таким образом, чтобы растягивающие напряжения в балке не достигали нормативного сопротивления бетона растяжению.

Нагруженные балки и балки без нагружения подвергались воздушно-капельному орошению 3%-м раствором хлористого натрия (NaCl) в течение трех месяцев. После орошения были отобраны пробы и определена концентрация содержания ионов хлора в защитном слое бетона. Результаты измерений показали, что концентрация ионов хлора в сжатой и растянутой зонах нагруженных балок разная, причем в сжатой зоне больше, чем в растянутой. В балке без нагружения концентрация составила примерно среднее значение между концентрацией в сжатой и растянутой зонах нагруженных балок.

После взятия проб балки больше не подвергались орошению. Последующие пробы были взяты через 4 месяца, 8 месяцев и 16 месяцев. Оказалось, что в течение первых восьми месяцев после прекращения орошения балок концентрация ионов хлора снижалась, причем в сжатой зоне на 45–55 %, в растянутой зоне – на 35–45 %, в балке без нагружения – всего на 26 %. В последующие восемь месяцев концентрация ионов хлора не изменялась во всех балках.

По предлагаемой модели прогнозирования долговечности железобетонных конструкций при воздействии хлоридов, основанной на применении вероятностных моделей, выполнены расчеты для климатических условий Республики Беларусь.

Расчеты выполнялись для разных климатических условий областных центров Республики Беларусь и с разными параметрами DuraCrete-модели предельного состояния. В расчетах определялась зависимость вероятности отказа и индекса надежности несущей балки про-

летного строения путепровода при случайных негативных воздействиях хлора от времени эксплуатации при минимальной толщине защитного слоя бетона. Также определялась зависимость вероятности отказа и индекса надежности несущей балки пролетного строения путепровода в зависимости от толщины защитного слоя бетона при нормативном сроке эксплуатации, равном 75 годам.

Было также выполнено моделирование глубины проникновения и величины концентрации хлора в районе арматуры в зависимости от времени эксплуатации балок пролетных строений путепроводов.

При верификации достоверности расчетной модели выполнены расчеты изменения концентрации хлора в защитном слое бетона в зависимости от времени эксплуатации балок пролетных строений путепроводов. Результаты расчетов сравнивались с результатами определения концентрации хлора в защитном слое бетона балок пролетных строений путепроводов г. Гомеля. Сопоставление результатов расчетов показало хорошую сходимость.

Таким образом, разработанная программа с помощью имитационного моделирования может оценивать вероятность ресурсного отказа по критерию проникновения хлоридов к арматуре различных железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивной среды. При этом может быть решена и обратная задача определения ресурса конструкций, обеспечиваемого с заданной вероятностью. Предлагаемый программный комплекс позволяет уточнять и еще более детализировать влияние на ресурс железобетонных конструкций различных факторов.

**«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».

При исследованиях по заданию «Строительные материалы и технологии 17» за объект исследования приняты растворобетонные установки и комплексы стационарного и мобильного исполнения.

Основной целью является совершенствование существующих технологий бетонных работ с использованием мобильных бетонорастворных узлов.

В процессе работы проводились исследования конструкций стационарных и мобильных растворобетонных установок и комплексов зарубежных и отечественных образцов, выявлялись их основные достоинства и недостатки, определялись области наиболее эффективного использования.

В результате исследования была предложена компоновочная схема мобильного бетонорастворного комплекса. Комплекс состоит из трех основных модулей: бетоносмесительный, хранения цемента и подачи бетонной смеси. Были рассчитаны основные технологические характеристики (объем смесителя, емкость дозаторов, величина бункеров для инертных материалов и цемента), производительность, стоимость мобильного РБУ. Предложены технологические схемы рационального использования мобильного РБУ при приготовлении бетона непосредственно на площадке строительства. Рассмотрены варианты обогрева инертных материалов и воды в зимних условиях. Предложены новые направления для дальнейшего развития применения мобильных растворобетонных узлов при производстве легких бетонов.

Основные конструктивные и технико-экономические показатели: снижение общей массы, снижение стоимости, повышение точности дозирования при снижении общей потребляемой мощности.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы был проведен аналитический обзор конструкций современных бетоносмесительных установок, узлов и комплексов отечественного и зарубежного образца. Выявлены их достоинства и недостатки. Обоснованы достоинства мобильных бетонорастворных узлов по сравнению со стационарными.



На основании аналитического обзора предложена компоновочная схема мобильного бетонорастворного комплекса. Выполнен расчет технологического оборудования, входящего в состав мобильного бетонорастворного комплекса (подбор смесителя, дозаторов, емкости расходных бункеров, производительности). На основании расчетов разработан комплект конструкторской документации на мобильный бетонорастворный узел (рисунок 10).

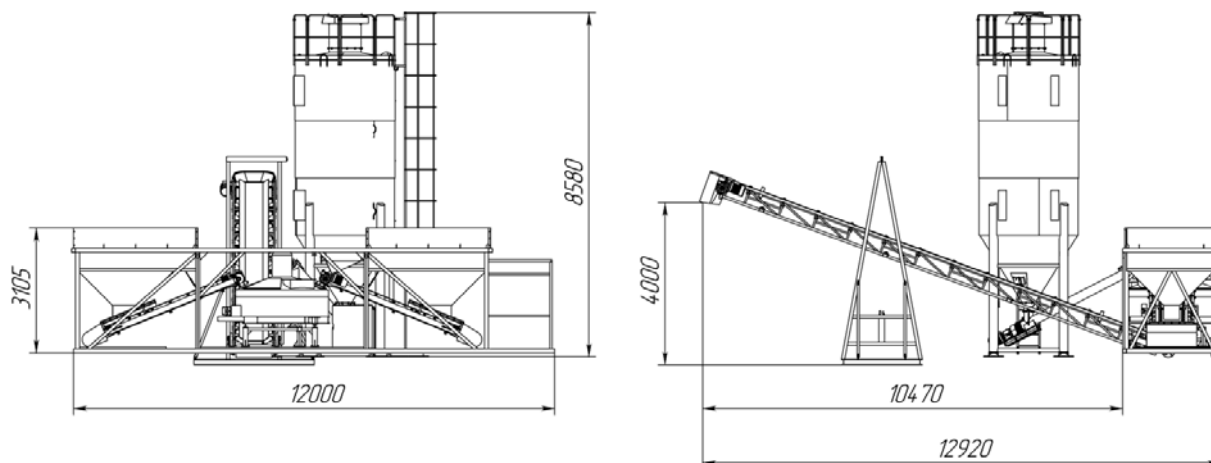


Рисунок 10 – Общий вид мобильного бетонорастворного узла

Исходя из конструкции бетонорастворного узла подсчитана себестоимость мобильного бетонорастворного узла, которая составила 107 тыс. у. е. (1 у. е. = 8600 бел. руб.). Выполнено сравнение технико-экономических показателей разработанного мобильного бетонорастворного узла с ближайшими аналогами в Республике Беларусь и за рубежом, приведенное в таблице 5.

Таблица 5 – Техничко-экономические показатели

Параметр	Разработанный МРБУ	Комплекс мобильный агрегатированный МАК-БЕТОН СМБ-004ЕК, Беларусь	Мобильная бетоносмесительная установка FIBO INTERCON F2200, Дания
Производительность, м <sup>3</sup>	20	32	30
Тип смесителя	Тарельчатый, одновальный	Тарельчатый, одновальный	Тарельчатый, одновальный
Объем по загрузке, л	750	750	2200
Объем по выходу готовой смеси, л	500	570	1500
Бункеры для заполнителей инертных, м <sup>3</sup>	2 × 6,5	2 × 7	2 × 4,8
Бункеры для цемента, м <sup>3</sup>	26	19	24
Объем емкости для воды и ХД, м <sup>3</sup>	1	10	0,5
Габаритные размеры (Д × Ш × В), м	12 × 2,5 × 2,6	17,6 × 4,5 × 12,7	9 × 2,58 × 2,65
Транспортный вес БСУ, кг	11500	23500	10500
Общее энергопотребление, кВт	50	50	70
Стоимость, тыс. руб.	1004	1500	2700 (полный комплект)

В результате выявлено, что при сравнимых остальных параметрах разработанный мобильный узел обладает меньшей стоимостью, что является одним из важнейших параметров при определении поставщиков оборудования при проведении тендеров. Это позволяет утверждать, что разработанный мобильный бетонорастворный узел конкурентоспособен.

**«Строительные материалы и технологии 18».** «Совершенствование технологии монолитного строительства на основе разработки системы инновационных неразрушающих методов и импортозамещающих приборных средств контроля прочностных и деформативных показате-

лей 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 методика определения прочности и модуля упругости бетона на основе комплекса «метод динамического индентирования–ультразвуковой импульсный метод». Методика позволяет получить уточненную оценку прочности бетона и его модуля упругости с учетом неоднородности по этим показателям приповерхностного слоя бетона, доступного для контроля склерометрическими методами и методами внутренних областей.

Оценки прочности бетона  $f_c$  и модуля упругости  $E$  получаются из следующей системы уравнений:

$$H = \frac{P_{\max}}{\pi D \alpha_r};$$

$$E = kH^{\frac{5}{4}} \left( \frac{V_0}{V_1} \right)^2 \left( \frac{D^3}{W} \right)^{\frac{1}{4}};$$

$$E_V = 1,82 \cdot 10^3 v_{\text{уз}}^2,$$

$$f_c = \frac{1}{1+\theta} \left( \theta e^{0,091(E_V-E)} f_{c,I} + f_{c,V} \right),$$

где  $D$  – диаметр контактного наконечника индентора;

$k$  – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств материала индентора:  $k \approx 1,6$ ;

$E$  – модуль упругости поверхностного слоя бетона, ГПа;

$E_V$  – показатель упругости бетона, ГПа;

$v_{\text{уз}}$  – скорость распространения ультразвукового импульса в участке контроля, м·с<sup>-1</sup>;

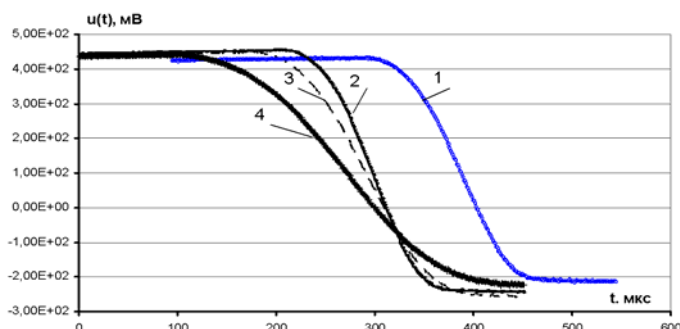
$f_c$  – прочность бетона в контролируемого участка конструкции, МПа;

$\theta$  – коэффициент, определяемый по формуле

$$\theta = 0,0026f_c^2 - 0,115f_c + 2,79;$$

$f_{c,I}$  и  $f_{c,V}$  – соответственно оценки прочности бетона участка контроля конструкции методом индентирования и ультразвуковым импульсным методом, МПа.

На рисунке 11 приведены временные диаграммы сигнала датчика скорости индентора, полученные экспериментально при испытании образцов бетона с различными соотношениями модуля упругости и предела прочности на сжатие.



1 –  $E = 43$  ГПа;  $f_{c,\text{cube}} = 76$  МПа;  
 2 –  $E = 39,5$  ГПа;  $f_{c,\text{cube}} = 73,5$  МПа;  
 3 –  $E = 22$  ГПа;  $f_{c,\text{cube}} = 32$  МПа;  
 4 –  $E = 14$  ГПа;  $f_{c,\text{cube}} = 19$  МПа

Рисунок 11 – Временные диаграммы сигнала датчика скорости индентора для бетона с различными соотношениями модуля упругости и предела прочности на сжатие

Научная значимость результатов состоит в выявлении взаимосвязи параметров динамического индентирования бетона и дифференциальной скорости распространения ультразвукового (УЗ) импульса подповерхностной волны в зоне контроля. Использование в качестве информационного параметра дифференциального значения скорости УЗ импульса и методики профилирования поверхности позволяет определять физико-механические характеристики подповерхностного слоя бетона по данным поверхностного прозвучивания. Установлена принципиальная возможность устранения влияния арматуры на оценку скорости ультразвукового импульса в бетоне использованием в качестве информационного параметра дифференциальной скорости распространения ультразвукового импульса.

Практическая значимость состоит в разработке метода испытания бетона железобетонных конструкций.

**«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» получены аналитические зависимости для расчета прочностных и деформативных характеристик высокопрочного бетона при высоких температурах; подтверждено положительное влияние высокой температуры (до 400°) на механические свойства бетона с водоцементным отношением менее 0,3; постоянный процесс высвобождения воды из бетона в процессе нагрева уменьшает модуль упругости до 10–20 % от первоначального значения при температуре 700°. Основанный на энергии показатель хрупкости охватывает весь процесс разрушения (восходящая и нисходящая ветви), поэтому его изменение можно использовать для оценки хрупкости бетона, подверженного действию высоких температур. Более высокая температура нагрева всегда ведет к более низкой хрупкости; использование в высокопрочном бетоне добавки типа «микрокремнезем» в условиях высоких температур зачастую приводит к взрывному растрескиванию у каждого третьего образца.

Научная значимость результата и практическая направленность: метод неравновесных испытаний кубов с иницирующими надрезами дает адекватную картину трещиностойкости и вязкости разрушения высокопрочного бетона при высоких температурах. Преимущество этого метода состоит в скорости и малом расходе материала; использование методов неразрушающего контроля позволяет быстро и вполне достоверно получить необходимые данные для расчета остаточных механических параметров бетона; разработан комплексный метод определения остаточных прочностных параметров методом неразрушающего контроля; методы расчета коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  позволяют осуществлять оптимальное с точки зрения прочности и усталостной долговечности проектирование элементов конструкций, находящихся под воздействием термомеханических нагрузок; на основе анализа докритического роста термоусталостных трещин в материалах можно оценивать долговечность конструкции; установлены границы температур и причины возникновения взрывообразного разрушения высокопрочного бетона при воздействии высоких температур.

Анализ результатов, приведенных на рисунках 12, 13, показал, что коэффициенты интенсивности напряжений при нормальном отрыве и поперечном сдвиге для серий 1 и 4 начинают снижаться в начале нагрева, для составов 2 и 3 – увеличиваться до температуры в 200 °С. Таким образом, добавка микрокремнезема и С-3 приводит к повышению сопротивления образованию и развитию трещин при нагреве.

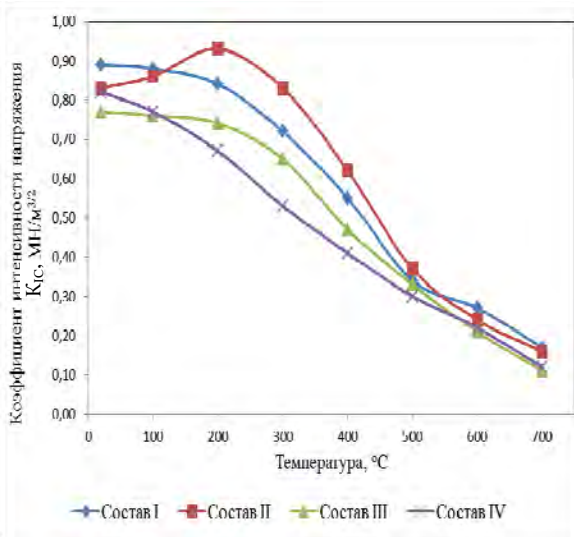


Рисунок 12 – Изменение коэффициента интенсивности напряжения  $K_{IC}$  после нагрева

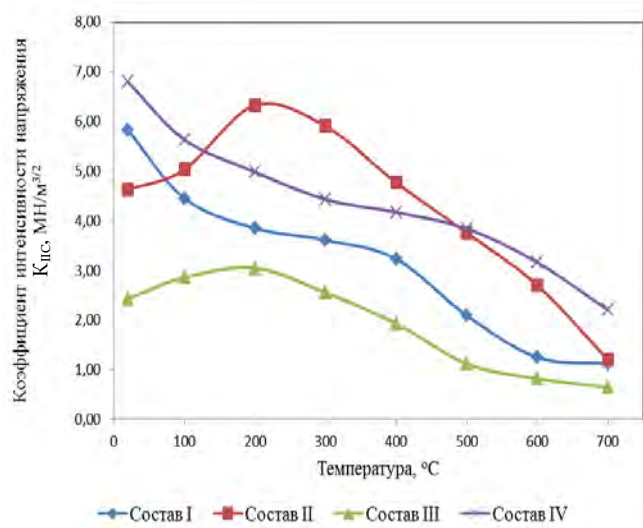


Рисунок 13 – Изменение коэффициента интенсивности напряжения  $K_{IC}$  после нагрева

Влияние высокой температуры на энергию разрушения ( $G_I$ ) показано на рисунке 14. Из полученных данных следует, что энергия разрушения значительно увеличивается, когда температура достигает 300 °C. Причина этого увеличения в том, что тепловое повреждение делает зону разрушения более изменчивой. Таким образом, воздействие высоких температур приводит к резкому возрастанию пластических свойств бетона.

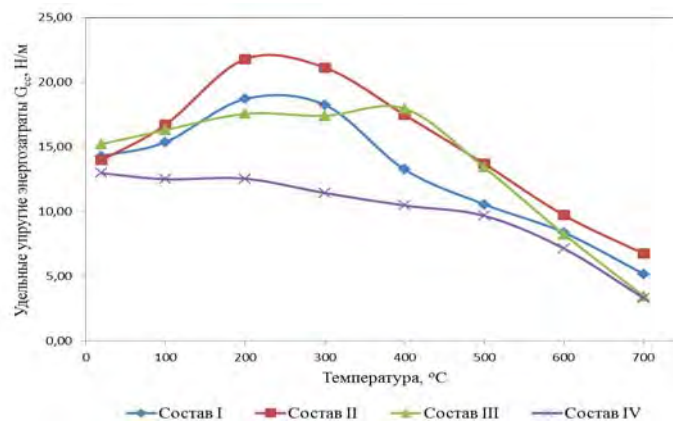


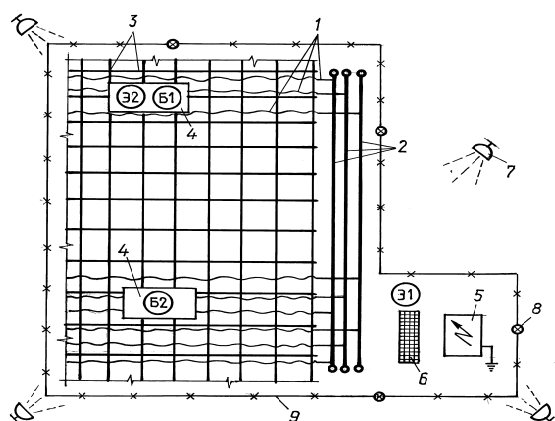
Рисунок 14 – Изменение полных удельных энергозатрат на квазистатическое разрушение

Результаты испытаний показывают, что имеется влияние высокой температуры на удельные энергозатраты на квазистатическое разрушение. Полученные результаты указывают на изменение свойств при температуре 100–150 °C, что вызвано воздействием влаги на бетон. При такой температуре происходит химическое взаимодействие высвобождающейся воды с цементом, благодаря чему имеет место мгновенное схватывание последнего. В этом случае вокруг цементного зерна образовывается тонкая поверхностная оболочка из новообразований и в цементе только малая часть вещества успевает прогидратироваться.

**«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» разработана автоматизированная технология термообработки бетона, что приведет к сокращению продолжительности работ и затрат энергоресурсов в монолитном строительстве. Проанализированы методы зимнего бетонирования. Смоделирован процесс монолитного бетонирования в условиях отрицательных температур. Рассмотрены организационно-технологические аспекты неразрушающего определения свойств монолитного бетона. Разработана технологическая карта на электропрогрев монолитных железобетонных конструкций.

Результат проведенных производственных исследований с применением автоматизированной технологии термообработки бетона – получение к окончанию процесса тепловой обработки бетона, обладающего заданными характеристиками, а также данных, корректирующих значения переменных, принимаемых по номограммам, разработанным для типовых технологических карт. Разработанная автоматизированная технология термообработки бетона приведет к сокращению продолжительности работ и затрат энергоресурсов в монолитном строительстве.



- Б1 и Б2 – рабочие места бетонщиков;
- Э1 и Э2 – рабочие места электромонтажников;
- 1 – нагревательный провод;
- 2 – инвентарная трехфазная секция трубопровода;
- 3 – арматурные стержни;
- 4 – инвентарные настилы;
- 5 – трансформаторная подстанция;
- 6 – диэлектрический коврик;
- 7 – прожектор;
- 8 – сигнальная лампочка красного цвета;
- 9 – инвентарное ограждение

Рисунок 15 – Организация рабочего места при электропрогреве монолитной железобетонной плиты

**«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» усовершенствована методология комплексного проектирования отражающих конструкций заполнения проемов. Прогнозируется широкое использование модульной кассетной системы или элемент-фасад, где в отличие от стоечно-ригельной системы сборка осуществляется в цеху, навеска – на фасад здания.

Разработаны организационно-технологические мероприятия импортозамещающего производства архитектурного стекла. Выполнена оптимизация проектирования светопрозрачных конструкций. Усовершенствована система заказа материалов, сформирована эффективная система логистики.

**«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» разработан отечественный гидрофобизатор на основе олеата аммония. По защитным свойствам и устойчивости к воздействию атмосферных явлений разработанный состав адекватен

гидрофобизаторам на неводной основе ГКЖ-13б, а по устойчивости к гидролизу превосходит покрытия, полученные из силиконатов ГКЖ-10 и ГКЖ-11.

Установлено, что введение в бетонные смеси гидрофобизатора, содержащего 0,15 % олеата аммония от массы цемента, обеспечивает повышение подвижности бетонной смеси на 1–2 см и появление высокого гидрофобного эффекта (угол смачивания 120°) по всей поверхности бетона после его твердения. Водопоглощение бетона, содержащего гидрофобизирующую добавку, в 1,5–2,0 раза меньше по сравнению с бетоном без добавок, таблица 6.

Таблица 6 – Зависимость водопоглощения образцами бетонов М-150 и М-400 от количества гидрофобизатора

Характеристика образцов из бетона	Количество гидрофобизатора, % по активному веществу	Водопоглощение, %	
		За 30 мин	За 9 сут
Марка М 150, В/Ц = 0,83	0	8,3	10,1
	0,15	3,0	5,3
	0,3	2,6	4,6
	1,0	0,7	4,5
Марка М 400, В/Ц = 0,47	0	7,2	8,7
	0,15	1,0	4,7
	0,3	0,75	4,0
	0,5	0,55	3,5
	1,0	0,3	3,1

Разработаны рекомендации, обобщающие полученные в процессе выполнения задания и имеющиеся в литературе данные по поверхностной и объемной гидрофобизации бетонов и других строительных материалов.

Приведенные в рекомендации результаты НИР могут быть использованы для разработки конкретных технологических схем, карт, инструкций и т. д. нанесения гидрофобизаторов на поверхность и введения их в объем строительных конструкций и материалов.

**«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» разработана методология проектирования нежестких покрытий дорожных одежд повышенной надежности и долговечности, в которой были реализованы принципы направленного регулирования свойств материалов конструктивных слоев как нелинейных и анизотропных систем. Особенностью разработанной методологии является более глубокий анализ свойств дорожно-строительных материалов, не учтенных в настоящее время при проведении расчетов согласно действующим ТНПА. При разработке принципов конструирования дорожных одежд также была усовершенствована и доработана методология определения их надежности и долговечности исходя из параметров напряженно-деформированного состояния конструктивных слоев. Разработанная методология является еще одним шагом на пути повышения качества расчетов дорожных одежд путем применения современных подходов инженерного конструирования, а также с помощью углубленного изучения свойств дорожно-строительных материалов. Практическим результатом является возможность увеличения реального срока службы дорожных одежд, запроектированных по новой методологии, до 25 % по сравнению с традиционными (в то время как по действующим ТНПА обе конструкции будут иметь одинаковый уровень надежности).

Результаты проведенных научных исследований были использованы при разработке двух нормативных документов: «Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Кон-

струкции нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной грузонапряженности. Серия БЗ.503.-1.12.»; ДМД 02191.2.066–2013 «Рекомендации по проектированию асфальтобетонных покрытий проезжей части мостового полотна».

На рисунке 16 продемонстрированы особенности реализации новой методологии конструирования дорожных одежд. Согласно ей по расчету назначаются не только дорожно-строительные материалы для устройства слоев покрытия, но и требования к необходимым расчетным характеристикам, которых следует достичь в процессе подбора состава асфальтобетона.

Конструкция №1					
		Требуемые показатели	1 слой	2 слой	3 слой
Материал №1	5	t <sub>го</sub>	0,84	0,78	0,78
Материал №2	7	C, МПа	0,43	0,35	0,35
Материал №3	9	W, %	1,20	2,00	2,00
↑ E <sub>0</sub> = 200 МПа		R <sub>c</sub> , МПа	5,50	5,00	5,00
Материал №1		Асфальтобетон плотный на модифицированном битуме.			
Материал №2		Асфальтобетон мелкозернистый плотный типа Б на битуме БНД 60/90.			
Материал №3		Асфальтобетон крупнозернистый плотный типа Б на битуме БНД 60/90.			

Конструкция №2					
		Требуемые показатели	1 слой	2 слой	3 слой
Материал №1	5	t <sub>го</sub>	0,78	0,84	0,78
Материал №2	7	C, МПа	0,35	0,43	0,35
Материал №3	9	W, %	1,20	1,20	2,00
↑ E <sub>0</sub> = 200 МПа		R <sub>c</sub> , МПа	5,00	5,50	5,00
Материал №1		Асфальтобетон мелкозернистый плотный типа Б на битуме БНД 60/90.			
Материал №2		Асфальтобетон плотный на модифицированном битуме.			
Материал №3		Асфальтобетон крупнозернистый плотный типа Б на битуме БНД 60/90.			

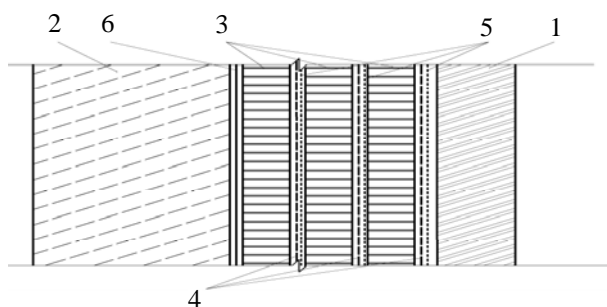
Рисунок 16 – Конструирование покрытий дорожных одежд

«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.

Результаты исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 24» позволили разработать и создать усовершенствованную конструкцию панели с улучшенными теплотехническими показателями и наименее подверженную влиянию паропроницаемости на влажностный режим. На конструкцию подана заявка на патент Республики Беларусь, суть которой заключается в повышении термического сопротивления многослойной стеновой панели.

Поставленная задача решается тем, что в многослойной стеновой панели, включающей наружный и внутренний бетонные слои, промежуточный слой утеплителя, выполненный из листа с перфорациями, и слой фольги, уложенный на внутреннюю поверхность наружного слоя панели, лист с перфорациями выполнен многослойным, между слоями которого и на внутренней поверхности наружного слоя панели расположены листы перфорированной фольги с упрочняющей сеткой, кроме того, внутренний бетонный слой отделен от листа с перфорациями слоем алюминиевой фольги.

Упрочняющая сетка может быть выполнена из алюминия или полиэтилена. Промежуточный слой утеплителя может быть выполнен из модулей ячеистой формы в виде пустотных колец или полусфер. Сущность изобретения поясняется чертежом (рисунок 17).



- 1 – наружный слой;
- 2 – внутренний слой;
- 3 – утеплитель с перфорациями;
- 4 – перфорированная алюминиевая фольга;
- 5 – упрочняющая сетка;
- 6 – алюминиевая фольга

Рисунок 17 – Фрагмент многослойной стеновой панели

Подтверждением целесообразности предлагаемой конструкции могут быть выполненные расчеты тепловлажностного режима, проведенные при наиболее неблагоприятной температуре. Расчеты для трех вариантов выполнения конструкции сведены в соответствующие таблицы (таблицы 7–9).

Таблица 7 – Данные для построения графика влажностного режима наружной стены (все экраны с перфорацией)

Расчетная температура воздуха	Определяемый параметр	Номер плоскости					
		I	II	III	IV	V	VI
$t_n = -6,9 \text{ }^\circ\text{C}$	Температура $t$ , $^\circ\text{C}$	17,3	16,8	9,0	4,2	-6,6	-6,81
	Максимальное парциальное давление $E$ , Па	1975	1913	1148	667	351	344
	Действительное парциальное давление $e$ , Па	1135	900,8	729	557,1	385,7	292

Таблица 8 – Данные для построения графика влажностного режима наружной стены (первый экран без перфорации, остальные – с перфорацией)

Расчетная температура воздуха	Определяемый параметр	Номер плоскости					
		I	II	III	IV	V	VI
$t_n = -6,9 \text{ }^\circ\text{C}$	Температура $t$ , $^\circ\text{C}$	17,3	16,8	9,0	4,2	-6,6	-6,81
	Максимальное парциальное давление $E$ , Па	1975	1913	1148	667	351	344
	Действительное парциальное давление $e$ , Па	1135	$\frac{1099}{385}$	359	333,2	306	292

Таблица 9 – Данные для построения графика влажностного режима наружной стены (первый экран с перфорацией, остальные – без перфорации)

Расчетная температура воздуха	Определяемый параметр	Номер плоскости					
		I	II	III	IV	V	VI
$t_n = -6,9 \text{ }^\circ\text{C}$	Температура $t$ , $^\circ\text{C}$	17,3	16,8	9,0	4,2	-6,6	-6,81
	Максимальное парциальное давление $E$ , Па	1975	1913	1148	667	351	344
	Действительное парциальное давление $e$ , Па	1135	1121	$\frac{1112}{847}$	$\frac{837}{572}$	$\frac{562}{297}$	292



Графики влажностного режима наружной стены представлены на рисунках 18–20.

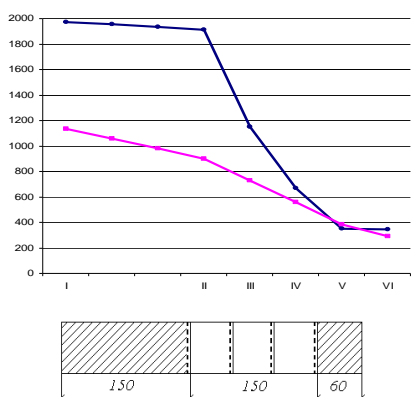


Рисунок 18 – Экраны с перфорацией

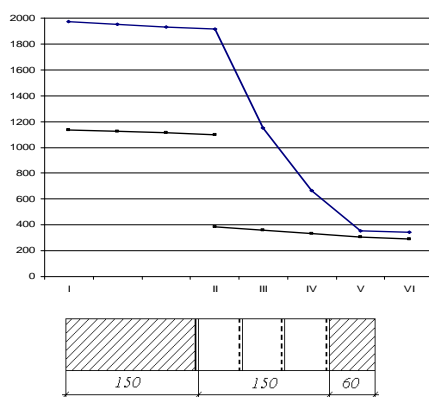


Рисунок 19 – Первый экран без перфорации, остальные – с перфорацией

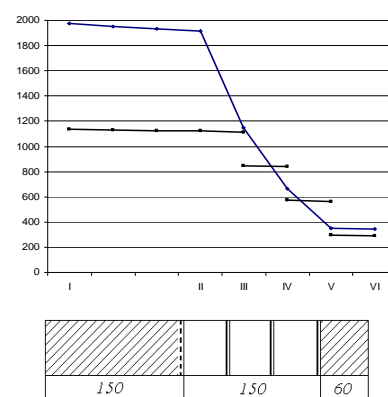


Рисунок 20 – Первый экран без перфорации, остальные – с перфорацией

Как видно из графиков (см. рисунки 18–20), наиболее рациональным является расположение неперфорированного алюминиевого экрана между внутренним слоем бетона и микромодулем (см. рисунок 18).

Внедрение предлагаемых конструкций позволит сократить теплотери зданий на 10–15 %, сократить материалоемкость и затраты тепловой энергии при изготовлении панелей, увеличить долговечность и надежность, использовать вторичные ресурсы.

**«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 их корреляция с прочностью адгезионного соединения между клеем и угольным волокном. Определены физико-механические характеристики композиционного материала с полимерной матрицей. Изготовлены опытные образцы строительных конструкций, восстановленные элементами внешнего армирования из углеродных волокон. Разработаны технологические решения восстановления строительных конструкций элементами внешнего армирования из углеродных волокон. Выполнено технико-экономическое обоснование принятых организационно-технологических решений.

**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.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 26» точность дозаторов дискретного типа и поддержание высоких метрологических характеристик обеспечиваются на этапах их проектирования, изготовления и эксплуатации. На этапе проектирования необходимо учитывать компоновку и конструктивные особенности упругого элемента датчика, тип используемых тензорезисторов, вид силопередающего устройства, особенности нагружения, тип используемой системы управления. В процессе эксплуатации важнейшими влияющими на метрологические характеристики дозаторов факторами являются колебания температуры, влажности, наличие вибраций.

Установлено, что основными источниками погрешностей в дозаторах дискретного типа являются: погрешность весоизмерительной системы; «запаздывание продукта в падающем столбе»; «запаздывание» продукта с момента подачи команды системы управления о прекращении набора дозы до фактического прекращения подачи; внешние воздействия в виде вибраций, колебания аэродинамических сил; нестабильность подачи продукта, колебания температуры.

Рассмотрены два метода компенсации температурных погрешностей: метод термокомпенсации с использованием  $p-n$ -перехода в цепь питания моста, осуществляемый путем включения в состав тензорезисторного моста дополнительных термочувствительных, расположенных непосредственно в зоне деформации элементов. Метод позволяет снизить температурную составляющую погрешности до уровня  $0,1\% / 1^\circ\text{C}$ . Дальнейшее снижение погрешности невозможно из-за значительной нелинейности зависимости напряжения от температуры; метод термокомпенсации с включением дополнительных терморезисторов в печи моста позволяет снизить температурную составляющую погрешности измерений до уровня  $0,05\% / 10^\circ\text{C}$ . Метод целесообразно применять при незначительных колебаниях температуры внешней среды.

Предложены расчетная схема и методика расчета геометрических параметров параллелограммного упругого элемента датчика силы. Проведена оптимизация геометрических параметров и конструктивных элементов стержневого датчика силы методом конечных элементов, получена схема деформаций и напряжений в упругом элементе. Установлено, что для дозаторов массой до 200 кг предпочтительным является использование изгибных и сдвиговых тензометрических датчиков деформации. При этом в качестве упругого элемента необходимо использовать упругий параллелограмм, представляющий собой консольно закрепленную балку, обладающую стабильными упругими свойствами. Для дозаторов массой свыше 200 кг предпочтительным является использование стержневых датчиков, в основе которых лежит упругий элемент, выполненный в виде цилиндра, с наклеенными по окружности упругого элемента тензорезисторами (рисунок 21).

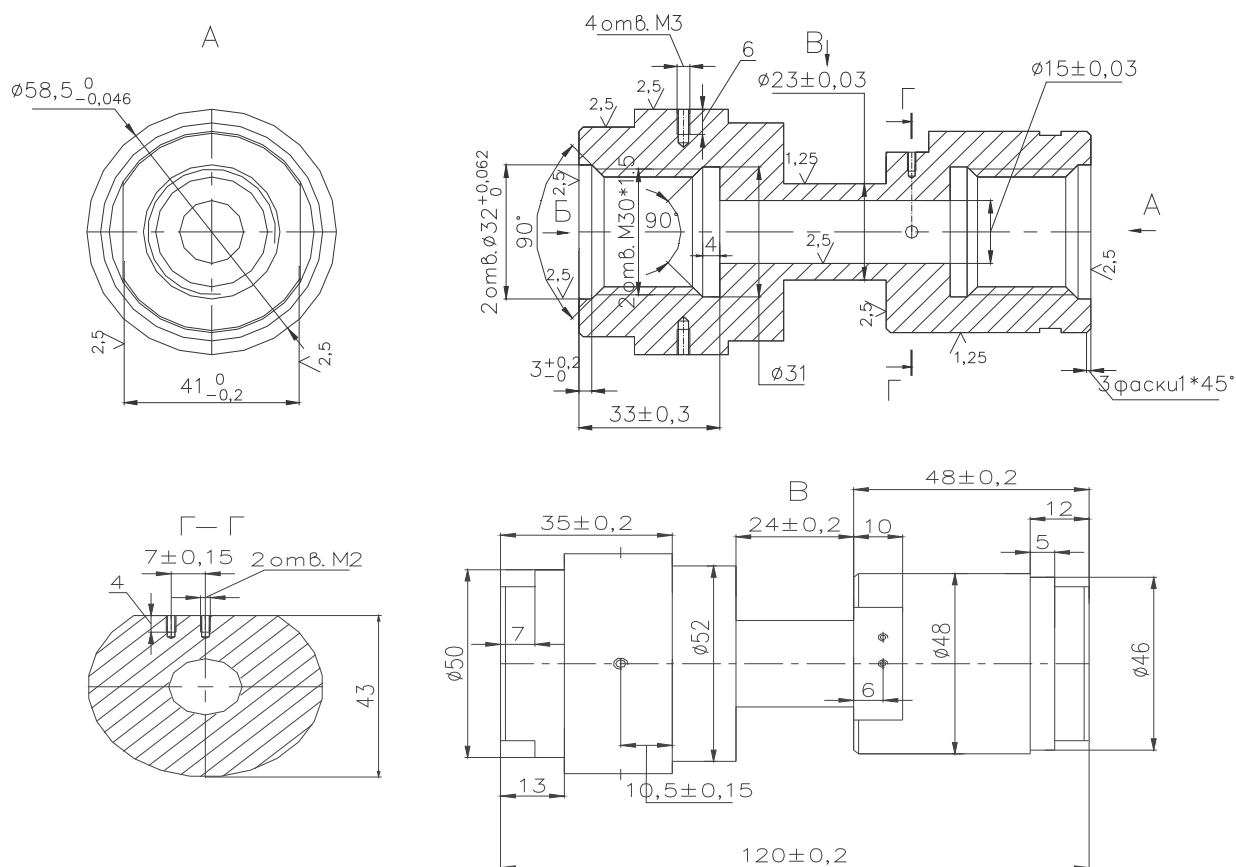


Рисунок 21 – Чертеж стержневого тензометрического преобразователя

На рисунке 21 представлены схемы стержневых и изгибных тензометрических датчиков силы, применяемых в конструкциях дозаторов и весов с наибольшим пределом дозирования (НПД) до 1000 кг.

Разработаны методология и принципы аттестации испытательного оборудования, а также структура методики испытаний и методика калибровки дозаторов дискретного действия, включая порядок проведения и оформления результатов калибровки.

**«Строительные материалы и технологии 27».** «Разработка научных принципов создания технологических критериев аэродинамической и тепло- и массоэкологической устойчивости воздушно-теплового 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.

Результаты исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 27» показали, что микроклимат отапливаемых помещений связан с экстремальными климатическими сопряжениями с внешней средой. Разработан алгоритм анализа аэродиффузионных свойств и устойчивости относительно капельной влаги в зависимости от амплитуд колебаний общих и парциальных полей давлений в помещениях и на ограничивающих поверхностях от времени, изменяющихся по гармоническим законам.

На рисунке 22 показана кривая, характеризующая температуру в сечении ограждения в момент времени, соответствующий максимальной температуре внутренней поверхности ограждения  $t_{0,1} + A_{0,1}$ . Например, когда на внутренней поверхности ограждения температура достигла максимума, в точке 1 она имеет значение, соответствующее средней температуре в ней, а в точке 2 в этот момент времени имеет место минимальная температура, в точке 3 – максимальная температура, соответствующая предыдущему максимуму температуры внутренней поверхности. Следовательно, в точке 3 температурные колебания меньше колебаний температуры на внутренней поверхности ограждения на интервал времени, равный периоду колебания теплового потока  $\tau$ . Таким образом, в ограждении образуются температурная волна, волна потенциалов массы, затухающие по мере проникания их в ограждение. Расстояние между двумя максимумами или минимумами волны  $L$  – это длина волны. Для характеристики числа волн, располагающихся в ограждении, предложен термин «показатели тепловой (массообменной) инерции  $D$  ( $D_M$ )».

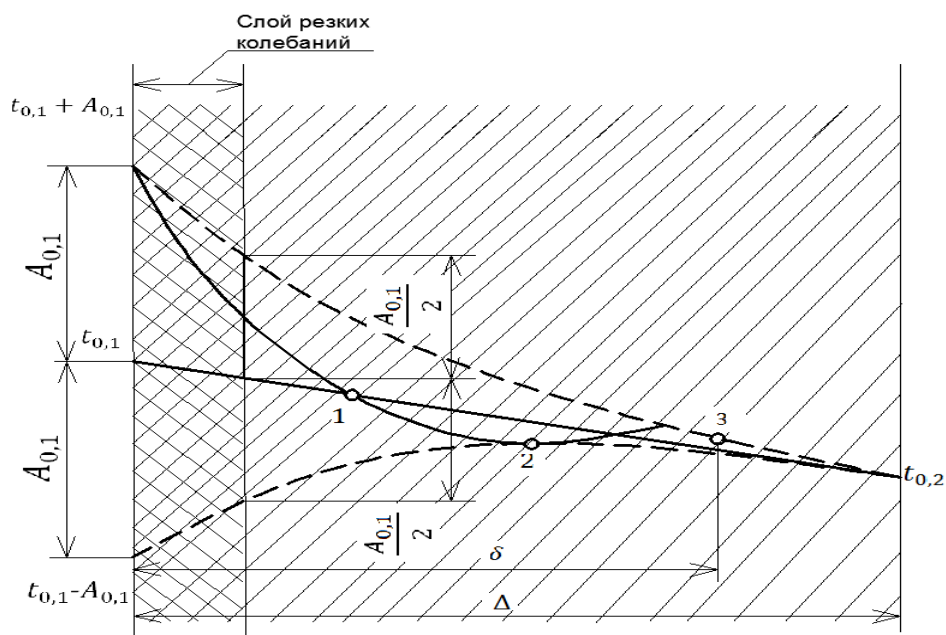


Рисунок 22 — Схема колебания температуры в пластине

**«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 «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника».

В ходе выполнения задания «Строительные материалы и технологии 28» представлены анализ технологической системы и пути построения теплоэнергетической системы промышленного предприятия, схемы когенерации на базе теплотехнологической нагрузки предприятий строительных материалов.

Развит комплексный подход к решению задачи снижения энергоемкости ВВП, при котором основной энергосберегающий потенциал реализуется не в диапазоне физических границ огнетехнических устройств, а в зонах сопряжения с отраслями хозяйственного комплекса. Развита концептуальная основа достижения экстремума целевой функции (потребление первичных энергоресурсов) путем подавления потерь эксергии непосредственно на предприятии и в сопряженных хозяйственных комплексах, а также за счет адаптации теплотехнологии к требованиям эффективного энергообеспечения.

Решены следующие задачи исследования:

разработка основ применения эксергетического анализа для теплотехнологии производств строительных материалов;

разработка концептуальных основ создания перспективных энергоэколого-эффективных источников энергоснабжения на базе промышленных теплотехнологий;

разработка конкретных технических, схемных и режимных решений применения комбинированных энергетических установок на промышленных теплотехнологических предприятиях строительных материалов;

разработка использования когенерационных теплотехнологических комплексов для регулирования генерации электроэнергии в соответствии с графиком электрической нагрузки энергосистемы;

разработка основ технологии получения дорожного битума, капсулированного в оболочку из полиэтилена высокого давления, позволяющей кардинально изменить всю технологическую цепь производства горячих АБС и перейти к мобильным АБЗ;

разработка концепции и технических решений энерготехнологической реструктуризации ТЭСПП теплотехнологий строительных материалов, позволяющих обеспечить решающее снижение удельных затрат энергии.

Практическая направленность – энергосбережение промышленных предприятий вообще и предприятий строительной индустрии.

Одно из кардинальных решений повышения энергетической эффективности энергообеспечения теплотехнологического производства асфальтобетонной смеси связано с подавлением внутренних потерь эксергии при генерации сушильного агента, требуемого для обеспечения работы сушильно-нагревательного барабана. Для исключения потерь эксергии в процессе генерации сушильного агента необходимо использовать энергоресурс более низкого потенциала в сравнении с тем, что имеет природный газ, или иное топливо, используемое в рассматриваемом процессе в качестве первичного энергоресурса. Наиболее простым решением задачи является использование для генерации сушильного агента выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания. Связано оно с созданием в теплоэнергетической системе АБЗ когенерационной установки на базе поршневого или газотурбинного ДВС, выхлопные газы которых используются в роли СА (рисунок 23).

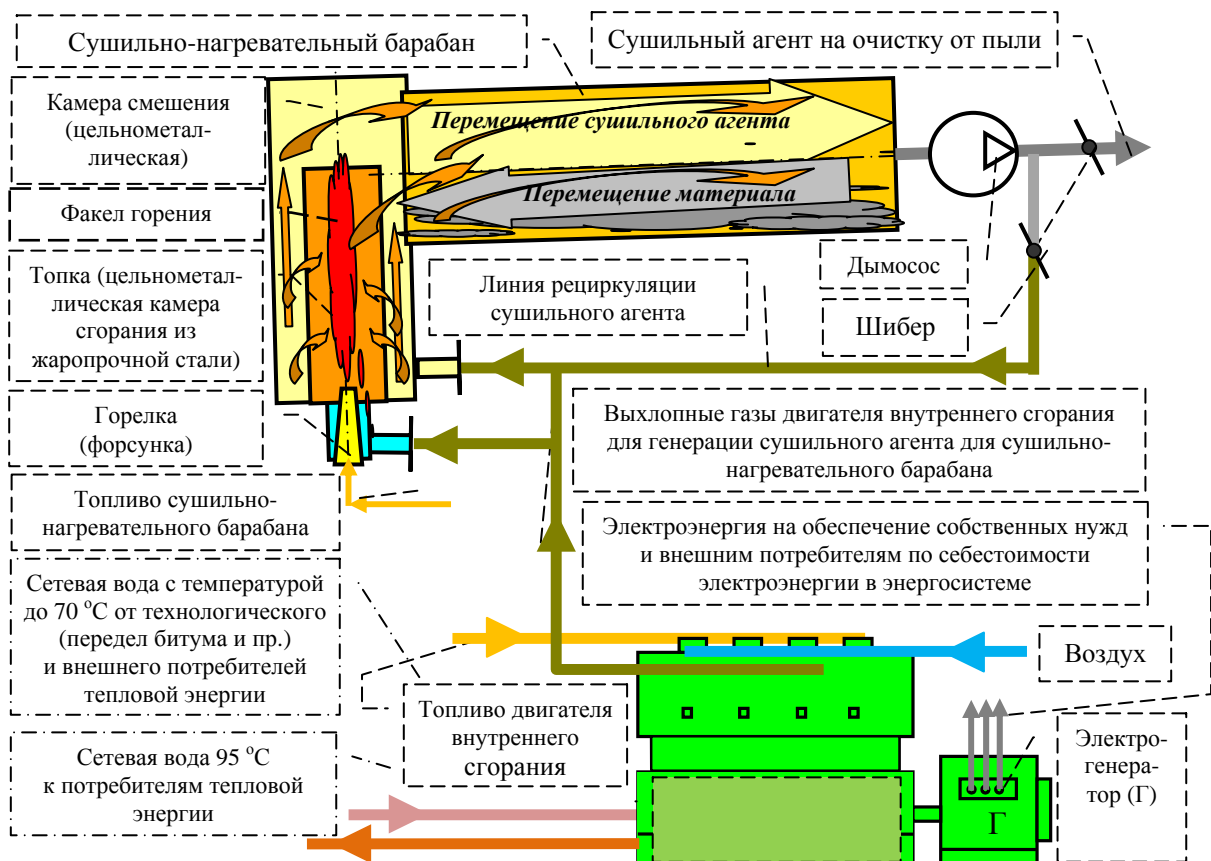


Рисунок 23 – Принципиальная схема когенерационного комплекса в составе АБЗ

«**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» проведена аттестация технологии сварки в соответствии с СТБ ISO 15614-1. На базе модулей локальных технологий сварки разработаны комплексная лабораторная технология и комплексные технологические указания по сварке и сварке-пайке тонколистового стального (без покрытия обычного качества и оцинкованного низкоуглеродистого, высоколегированного) проката и проката из алюминиевых сплавов с рекомендациями по выбору типового сварочного инверторного оборудования, адаптированных к производственным конструкциям и элементам систем вентиляции.

При проведении аттестации технологии сварки в соответствии с международными требованиями стандарта СТБ ISO 15614-1 выполнен анализ предварительно установленных параметров режимов сварки, соответствующих модулям локальных технологий в условиях, максимально приближенных к производственным, определены их граничные значения, откорректированы возможные типы и марки применяемых сварочных материалов, определены модели мобильных инверторных сварочных источников.

Разработанные практические рекомендации по технологии сварочных работ при изготовлении и монтаже тонколистовых металлических систем вентиляции направлены на внедрение высокопроизводительных энергоэффективных сварочных процессов в строительной отрасли, имеют комплексный межотраслевой характер, что позволяет использовать рекомен-

дации совместно со специализированными мобильными инверторными многофункциональными сварочными установками в других отраслях народного хозяйства при выполнении работ по сварке тонколистового проката, включая оцинкованный.

**«Строительные материалы и технологии 30».** «Научное обоснование тепло- и 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 результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 30» представлена физико-математическая модель тепло- и массопереноса в воздухоопорных конструкциях. Рассчитаны критерии, характеризующие расслоения воздухопотоков в зависимости от характерных размеров, мощности источников и стоков теплоты и температуры.

Натурные обследования температурных полей внутренних поверхностей пневмоопорных оболочек показали, что они изменяются в пределах от 22,0 до 38,0 °С, температура внешних поверхностей – в пределах от 15,0 (при северно-ориентированной поверхности) до 20,5 °С (при южно-ориентированной поверхности и наличии прямых солнечных лучей), температура воздуха внутри помещения – от 22,5 до 32,0 °С, тогда как температура наружного воздуха на момент обследования 17,0 °С, относительная влажность внутри пневмоопорной конструкции – от 60,0 до 78,5 % при относительной влажности наружного воздуха 27,0 %. Подвижность воздуха внутри конструкции составляет от 0,1 до 0,4 м/с при скорости ветра 1 м/с. Температуры внутренних поверхностей, температура воздуха внутри пневмоопорной конструкции, относительная влажность растут с увеличением расстояния от поверхности пола. Температура поверхности пола – в пределах от 21,0 (северо-ориентированная поверхность) до 27,5 °С (южно-ориентированная поверхность).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Разработана физико-математическая модель тепло- и массообмена воздухоопорных сооружений, дан анализ температурных полей воздушной среды и конструктивных элементов пневматических сооружений, рассчитаны коэффициенты теплоотдачи у внутренних и внешних поверхностей. Предложена методика расчета конденсации водяных паров на внутренних поверхностях оболочки, дан анализ микроклимата в пневмоопорных сооружениях, проведен анализ аэродинамических потоков в пневмоопорных конструкциях, рассмотрена молекулярно-кинетическая модель конвективно-диффузионного массопереноса в помещениях, воздухоопорных конструкциях.

Были проведены натурные обследования тепловлажностных режимов пневмоопорных конструкций («Дельфинарий», спортивно-тренажерные комплексы и медицинский университет и др.).

Предложены имитационное моделирование конвективно-диффузионных процессов в пневмоопорных конструкциях и принципы теплотехнического проектирования пневмоопорных отапливаемых сооружений (проект пособия к СНБ). Схемы температурных полей внутренних и внешних поверхностей оболочек и воздуха показаны на рисунках 24–29.

Теоретические натурные комплексные исследования пневмоопорных объектов являются основополагающими материалами для завершения оформления пособия к нормативным документам СТБ «Строительная теплотехника» для расчетов тепло- и массопереноса пневмоопорных конструкций для климатических условий Республики Беларусь.

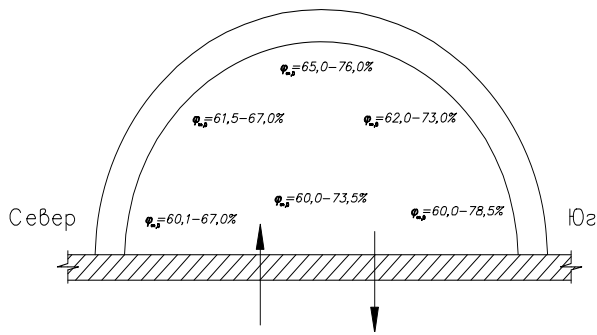


Рисунок 24 – Поле относительных влажностей в пневмоопорной конструкции

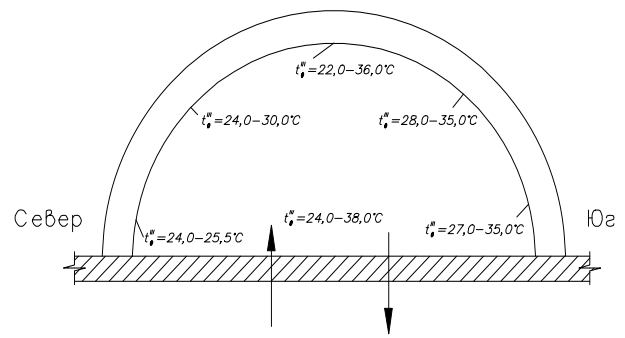


Рисунок 25 – Температурное поле внутренних поверхностей пневмоопорной конструкции

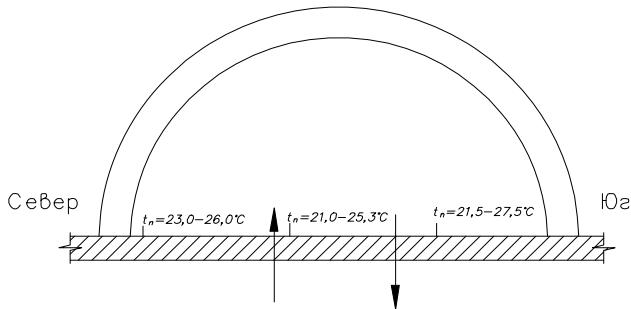


Рисунок 26 – Поле температур поверхности пола пневмоопорной конструкции

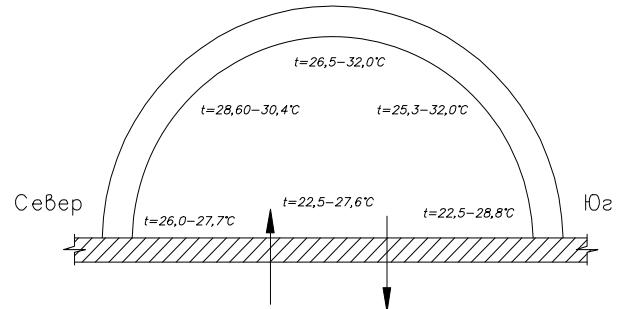


Рисунок 27 – Поле температур в пневмоопорной конструкции

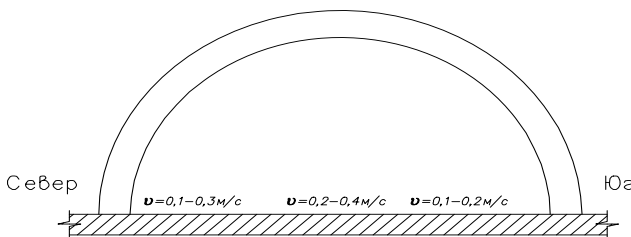


Рисунок 28 – Поле движения воздуха внутри пневмоопорной конструкции

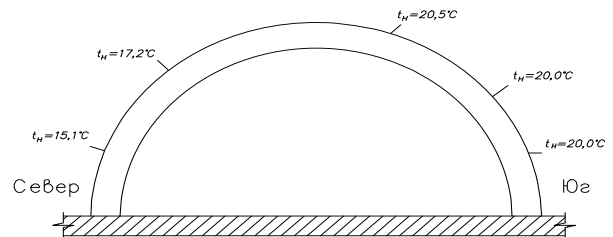


Рисунок 29 – Температурное поле внешних поверхностей пневмоопорной конструкции (на примере спортивного комплекса БГМУ)

**«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.

При исследовании по заданию «Строительные материалы и технологии 31» выявлена важная роль прогнозируемой плотности сухого грунта при определении требуемого диаметра трамбовки. Установлено влияние требуемой плотности сухого грунта на оптимальный диаметр трамбовки: чем больше требуемая плотность сухого грунта, тем меньшим должен быть диаметр трамбовки. Величина диаметра трамбовки оказывает непосредственное влияние на размеры формирующейся при трамбовании зоны уплотнения грунта. Чем меньше диаметр трамбовки (при постоянной энергии удара), тем меньше размеры зоны уплотнения грунта. Установлено влияние модуля деформации грунта природного сложения на требуемые размеры диаметра трамбовки. Чем больше модуль деформации грунта природного сложения, тем меньше для достижения одинакового эффекта уплотнения следует принимать диаметр трамбовки.

Исследования также показали, что определяющими факторами процесса уплотнения являются начальная плотность и характер изменения структуры. Однородность структуры грунта в зоне уплотнения может быть достигнута увеличением начальной (исходной) плотности сухого грунта, при этом оптимальное значение начальной плотности для песчаных грунтов – не менее  $15 \text{ кН/м}^3$ , а для глинистых –  $14,5 \text{ кН/м}^3$ . Поэтому при проектировании уплотненного основания с относительно высокими значениями требуемой плотности грунта необходимо учитывать его природное состояние. При относительно невысокой плотности природного грунта для достижения требуемой плотности необходимым является привлечение дополнительных объемов грунта для его втрамбовывания в основание.

Анализ имеющихся исследований показал, что применяемые схемы размещения точек уплотнения грунта – по вершинам квадратов и углам равностороннего треугольника – не всегда обеспечивают формирование однородного по площади, уплотненного основания. Предложена новая схема размещения точек уплотнения – по вершинам равнобедренного треугольника – и теоретически проверена ее техническая и экономическая целесообразность. Полученное решение для определения расстояний между точками уплотнения грунта тяжелыми трамбовками показывает, что при их определении необходимо учитывать не только глубину отпечатка трамбовки, ее диаметр, начальную и прогнозируемую плотность сухого грунта, но и глубину уплотняемой толщи грунта. При этом:

- с увеличением глубины отпечатка трамбовки в грунте расстояние между точками уплотнения пропорционально увеличивается;
- при увеличении диаметра трамбовки пропорционально возрастает расстояние между точками уплотнения грунта;
- чем больше мощность уплотняемой толщи, тем сильнее уменьшается расстояние между точками уплотнения грунта, и при определенных значениях толщины уплотняемого слоя трамбования грунта выполняется сплошным, без наличия перемычек между отпечатками;
- при наличии в пределах уплотняемой толщи более прочного подстилающего слоя происходит увеличение размеров уплотненной зоны, что позволяет увеличить расстояние между точками уплотнения;
- при уменьшении плотности сухого грунта природного сложения и увеличении требуемой плотности сухого грунта расстояние между точками уплотнения сокращается.

Установлено, что на формирование зоны уплотнения грунта оказывает влияние форма подошвы трамбовки. Применение трамбовки со ступенчатой подошвой позволяет получить значительно большую глубину зоны уплотнения в сравнении с трамбовкой такой же массы, но с плоской подошвой. Глубина уплотнения для трамбовки с плоской подошвой составила  $2,5d_{\text{тр}}$ , для трамбовки со ступенчатой подошвой –  $3,1d_{\text{тр}}$ . Максимальное уширение зоны уплотнения для трамбовки с плоской подошвой составляет  $3,4d_{\text{тр}}$  на глубине  $1,25d_{\text{тр}}$ , для трамбовки со ступенчатой подошвой  $2,1d_{\text{тр}}$  на глубине  $1,5d_{\text{тр}}$ .

Разработанная конструкция тяжелых трамбовок со сферической формой подошвы позволяет увеличить расстояние между точками уплотнения на 15–22 %, а в некоторых случаях и до 30 %. Сравнительный анализ диаметров трамбовок, применяемый в практике и определённый по действующим нормативным документам и согласно предложенной методике, показывает, что обеспечить требуемые характеристики грунтовых оснований позволяют трамбовки меньшего диаметра, но с криволинейной подошвой.

Повышение уровня надежности системы «основание–сооружение» наиболее эффективно обеспечивать за счет упрочнения уплотняемого грунтового основания и в первую очередь обеспечивая однородность грунтов. Технологическая сложность обеспечения однородности грунтов в зоне уплотнения определяет необходимость коррекции расчетной зависимости величины условного расчетного сопротивления грунта  $R_0$  вводом поправочного коэффициента  $k_n^{\text{неод}} = 0,9–0,95$ .

Установлено, что оптимизация конструктивных ( $d_{\text{тр}}$ , формы подошвы,  $M$ ) и технологических ( $H$ ,  $l$ ) параметров трамбовок и процесса уплотнения требует полного и достоверного



учета как инженерно-геологических условий, технологических факторов, так и особенностей формирования НДС грунтового массива. Выявленные взаимосвязности между диаметром  $d_{тр}$  и массой  $M$ , исходной влажностью  $w$ , глубиной отпечатка  $h_{отп}$ , энергией удара  $\sqrt{MgH}$ , работой  $A$  и числом ударов  $n$ , расстоянием между точками уплотнения  $l$ , соотношением плотностей сухого грунта  $\rho_d^{фак} / \rho_d^{тр}$ , модулем деформации  $E_0$  позволили построить расчетные номограммы и разработать рекомендации по выбору оптимальных конструктивно-технологических параметров уплотнения грунтовых оснований в сложных инженерно-геологических условиях.

Исследования показали, что обеспечение максимальной глубины зоны уплотнения с достаточно однородной степенью уплотнения может быть достигнуто за счёт внедрения двух-этапного технологического процесса и специальных конструкций трамбовок – с вогнутой сферической и выпуклой сферической подошвой.

Предложенные расчетные зависимости и номограммы позволяют оптимизировать как параметры трамбовок и технологических процессов, так и деформационно-прочностные характеристики грунтов проектируемых искусственных оснований.

**«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».

По заданию «Строительные материалы и технологии 32» проведены исследования напряженно-деформированного состояния большепролетных покрытий различных геометрических форм: купол покрытия здания Национального олимпийского комитета в г. Минске ( $D_{купола} = 46,19$  м,  $H_{купола} = 20,75$  м); оболочки по форме синусоиды покрытия ледового катка в г. Гомеле (размер в плане  $57,8 \times 49,09$  м) (рисунок 30); консольных оболочек двойкой кривизны покрытия сцены амфитеатра в г. Молодечно ( $L_{оболочки} = 35,66$  м,  $B_{оболочки} = 19,46$  м) (рисунок 31), культурно-оздоровительного центра с гостиницей в районе ул. Нововиленской и Канатного переулка в г. Минске (рисунок 32) выполнена оценка влияния формы покрытия на работу сооружений при проектных и запроектных нагрузках и воздействиях.



Рисунок 30 – Структурное покрытие катка в г. Гомеле

Разработана методика прямого расчета металлических структурных конструкций системы «БрГТУ», основанная на нелинейном расчете элементов вплоть до потери устойчивости сжатых и растянутых стержней и перераспределения усилий в системе. Построены диаграммы деформирования покрытий для всех запроектированных сооружений с применением структурных конструкций системы «БрГТУ», что дает возможность описать процесс накоп-

ления повреждений и уровни запаса несущей способности для всех этапов их проектного и особого нагружений. Разработана методика прямого расчета вероятности отказа и определения индекса надежности, которая устанавливает критерии живучести структурных конструкций системы «БрГТУ», подвергаемых прогнозируемым воздействиям, и позволяет выполнять оптимизацию элементов конструкций. Реализация предложенной методики и алгоритма расчета при решении задач проектирования и реконструкции сложных конструктивных структурных систем покрытий с применением узлового соединения системы «БрГТУ» позволяет вполне обоснованно принимать решения по защите конструкций от прогрессирующего обрушения в запредельных состояниях.

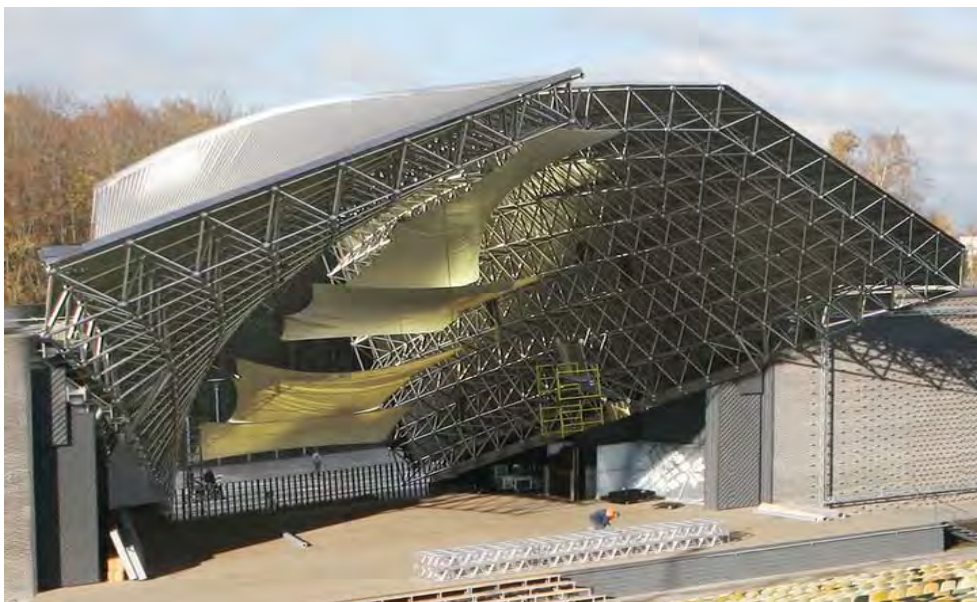


Рисунок 31 – Структурное покрытие летнего амфитеатра в г. Молодечно



Рисунок 32 – Культурно-оздоровительный центр с гостиницей в районе ул. Нововиленской и Канатного переулка в г. Минске

Проведен технический мониторинг Летнего амфитеатра в г. Витебске путем измерения амплитудно-частотных характеристик конструкций большепролетного сооружения. По экспериментальным значениям частот собственных колебаний конструкции исследовано напряженно-деформированное состояние покрытия в режиме реального времени. Стабильность характеристик напряженно-деформированного состояния конструкций при одинаковых силовых воздействиях доказывает высокий уровень надежности сооружения.

В результате проведенных исследований разработаны рекомендации по проектированию структурных конструкций системы «БрГТУ». Эта нормативная и техническая документация использована проектными институтами при проектировании покрытий зданий и сооружений с применением структурных конструкций системы «БрГТУ», строительными организациями при возведении таких покрытий и заводами при изготовлении конструкций.

**«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» разработана стохастическая многоуровневая эволюционная имитационная модель бетонного композита, позволяющая осуществлять расчет основных параметров структуры затвердевшего бетона, включая параметры порового пространства. Определены концептуальные подходы к назначению оптимальных с позиций прочности и непроницаемости композиций бетонной смеси на основе вероятности образования перколяционного кластера в зависимости от впервые введенного транзитного числа  $N^*$ .

Определены параметры диффузионной проницаемости композита, представленные статистическими параметрами  $N[D_m, \sigma]$ .

Полученные результаты исследования в виде стохастической модели сопротивления воздействия хлор-содержащих сред позволяют перейти к проектированию конструкций из бетона с учетом заданного срока службы в рамках метода предельных состояний, установленного ТКП ЕН 1990, обосновать ряд конструктивных требований, принятых в нормах проектирования ТКП 45-5.03-218, ТКП 45-5.03-219, ТКП 45-5.03-220.

**«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» разработаны технологические регламенты при ведении монолитных работ с применением бетонов с заданными повышенными эксплуатационными характеристиками, включая напрягающие и бетоны высокой водонепроницаемости.

Разработана методика подбора составов тяжелых бетонов с заданными эксплуатационными параметрами с учетом использования местных сырьевых ресурсов в соответствии с основными параметрами бинарной упаковки.

Разработаны рекомендации по проектированию составов напрягающих бетонов.

Для бетонов на расширяющихся вяжущих с заданными параметрами расширения с учетом оптимизации гранулометрии заполнителя и снижения расхода вяжущего вычислены корректирующие коэффициенты для оптимизации бинарной упаковки заполнителя.

Таблица 10 – Характеристики применяемого заполнителя

Модуль крупности мелкого заполнителя $M_k$	Максимальная крупность крупного заполнителя							
	5		10		20		40	
	$n$	$k_{agg}$	$n$	$k_{agg}$	$n$	$k_{agg}$	$n$	$k_{agg}$
$M_k = 2,0-2,5$	1	10	0,35	5,4	0,38	4,85	0,4	4,6
$M_k = 2,5-3,0$	1	9	0,36	5,1	0,39	4,55	0,4	4,2
$M_k = 3,0-3,5$	1	8	0,37	4,8	0,4	4,2	0,41	3,87
$M_k$ свыше 3, 5	1	7	0,39	4,5	0,41	3,87	0,42	3,52

Разработанную методику подборов составов тяжелых бетонов с заданными характеристиками, в том числе на расширяющихся вяжущих, с учетом специфики применения местных видов заполнителей, полученную при выполнении задания, использовали следующим образом: строительными организациями г. Бреста и Брестской области (ОАО «Стройтрест № 8», СООО «ПП Полесье», ОДО «ПолиСервис», предприятия Облсельстроя и др.) при выпуске товарных бетонов с заданными характеристиками, что позволит оптимизировать составы и получить экономический эффект за счет рационального использования вяжущих.

**«Строительные материалы и технологии 3б».** «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» разработана модель функциональной подсистемы управления риском стандартизации как система поддержки принятия решений эксперта на этапах разработки стандарта, теоретическую основу которой составляет концепция автоматизированного управления для систем с дискретным множеством состояний, которая реализована в виде формализованного алгоритма управления как последовательности решения типовых задач с программной поддержкой, что обеспечивает возможность практического применения экспертной системы (ЭС), функционирующей в реальных условиях. Алгоритм функционирования ЭС приведен на рисунке 33.



Рисунок 33 – Алгоритм функционирования экспертной системы

Разработанная методология ЭС позволяет в полной мере реализовать концепцию гибкого управления процессом разработки и внедрения гармонизированных с европейскими нормами стандартов в области строительства по критерию допустимого риска, способствует

повышению уровня потребительских свойств строительных материалов, а также экологичности, энергоэффективности и эксплуатационной надежности строительных технологий, обеспечивает экономически выгодное замещение зарубежных аналогов.

Практическая реализация методологии ЭС принята Госстандартом Республики Беларусь в качестве инструмента управления разработкой и внедрением государственных стандартов строительного профиля (свидетельство о государственной регистрации № В-0093-01–2013 в Государственном реестре информационных систем).

**«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, НИЛ «Промышленное и гражданское строительство».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 37» получены аналитические выражения тензора гомогенизированной жесткости при произвольном расположении эллипсоидных материальных фаз и выражения ненулевых компонентов тензора Эшелби для каждой эллипсоидной фазы, установлены аналитические выражения микроскопических напряжений и деформаций в репрезентативном элементарном объеме при произвольном расположении эллипсоидных материальных фаз, определены математические критерии разрушения эллипсоида при действии вдоль него нормальных напряжений и напряжений сдвига в ортогональной плоскости.

Проведены численные исследования двухфазных композиционных изотропных материалов при произвольном расположении цилиндрических (игольчатых) материальных фаз, получены зависимости и схема преобразования тензора для произвольно ориентированных в пространстве игольчатых компонентов, построены и проанализированы зависимости между эффективным модулем упругости и объемами компонентов, проведен численный анализ влияния граничных условий и размеров репрезентативных элементарных объемов при моделировании композиционного материала.

Разработана микромеханическая модель представления бетона в виде двух схем гомогенизации, которая учитывает механические свойства микроструктурных компонентов бетона (воды, клинкера, гидратов, заполнителя) и пористости и основана на универсальных свойствах фаз; проведены численные исследования жесткостных и прочностных характеристик репрезентативных элементарных объемов материала для различных схем гомогенизации. Разработанная модель является уникальной, так как учитывает механические свойства микроструктурных компонентов бетона и основана на универсальных свойствах фаз, что позволит прогнозировать свойства бетона и его поведение под нагрузкой в период жизненного цикла. Использование разработанной модели в практических расчетах позволит получить оптимальные конструкции, что приведет к экономии материальных ресурсов и снижению стоимости строительства.

**«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» на основе анализа известных методов подготовки сырья к термовспучиванию выявлены наиболее эффективные из них. Определена взаимосвязь основных свойств вспученного вермикулита с реологическими свойствами вермикулита до и после термовспучивания. Установлено влияние размера частиц или фракции и формы частиц (плоская или кубообразная) на реологические свойства. Разработаны способ получения гидрофобного вспученного вермикулита и схемы двух типов установок для модифицирования (гидрофобизации) вспученного вермикулита.

Способ получения гидрофобного вспученного вермикулита включает механическое смешивание вспученного вермикулита с кремнийорганическими соединениями и отличается от известных схем тем, что смешивание происходит при температуре 250–300 °С в течение двух–трех часов, а в качестве кремнийорганического соединения используют полиметилсилоксан ПМС-400 в количестве 3–4 % от массы вспученного вермикулита. Получаемый материал (вермикулит) может использоваться в качестве засыпной звуко- и теплоизоляции, наполнителя в покровных материалах и т. д. Научно-практическая значимость подтверждена патентом Республики Беларусь № 16766 «Способ получения гидрофобного вспученного вермикулита» МПК С 04В 14/20, С 04В41/48, 2013.

Структура гидрофобного вспученного вермикулита (рисунок 34, *а*) и вермикулита без модификации (рисунок 34, *б*) имеет следующий вид.

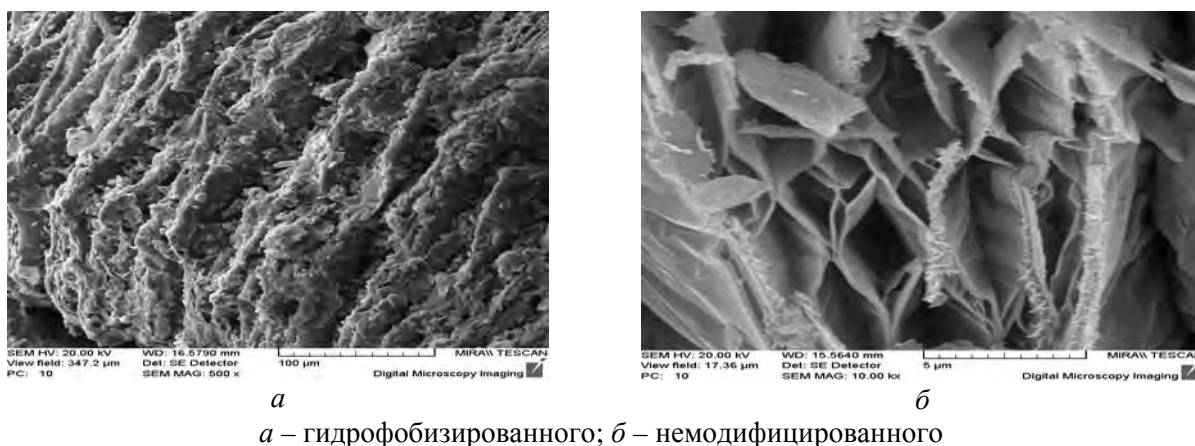


Рисунок 34 – Структура поверхности вспученного вермикулита

Разработана конструкция двух типов установок для модифицирования (гидрофобизации) вспученного вермикулита: прерывистого (рисунок 35) и непрерывного (рисунок 36) действия.

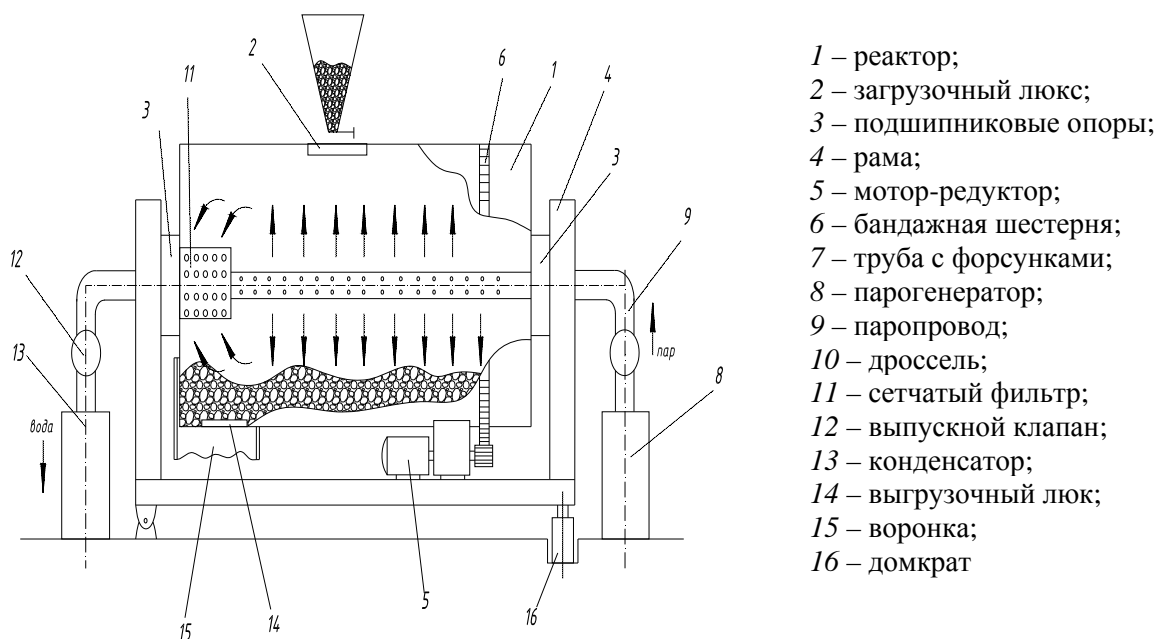
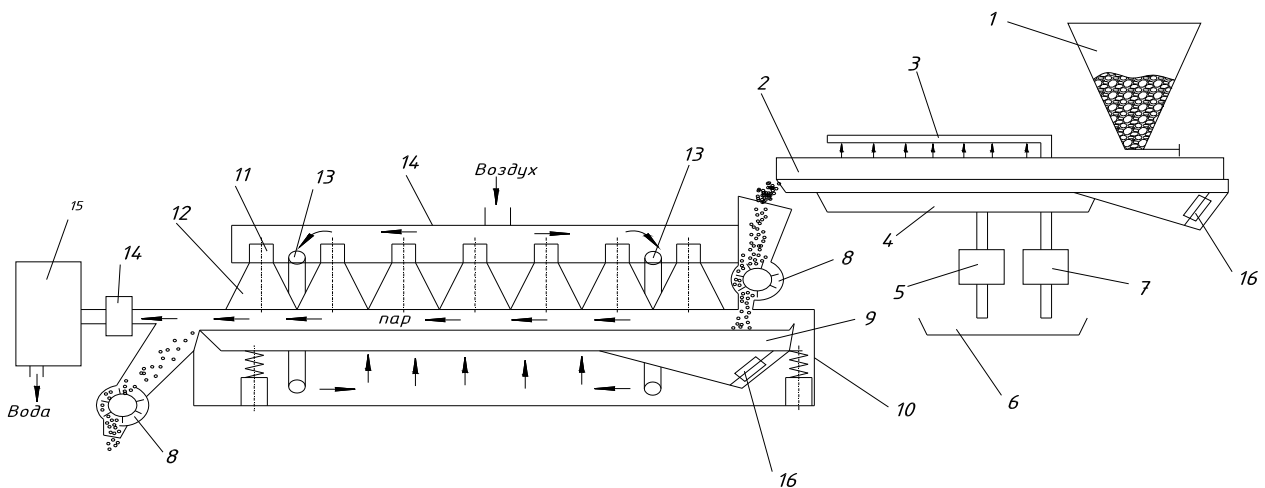


Рисунок 35 – Установка для получения гидрофобного вспученного вермикулита прерывистым способом



1 – бункер-накопитель; 2 – вибропитатель; 3 – форсунки; 4 – бак; 5 – фильтр; 6 – приемный бак; 7 – насос; 8 – радиальный дозатор; 9 – вибролоток; 10 – корпус; 11 – магнетрон; 12 – рупор магнетрона; 13 – воздуховод; 14 – сетчатый фильтр; 15 – конденсатор; 16 – вибратор

Рисунок 36 – Установка для получения гидрофобного вспученного вермикулита непрерывным способом

При данном способе гидрофобизация происходит за короткий промежуток времени, что делает процесс производительным.

**«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, лаборатория прикладной физики и информатики.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 39» установлена закономерность поведения двухсолитонного решения, описывающего поведение флуктуаций напряженного состояния в конструкционных материалах при учете членов третьего порядка в разложении для нисходящей ветви диаграммы материала. Актуальность данного результата связана с возрастающим применением в строительстве изделий из бетона. Результат получен впервые, так как до сих пор в разложении для диаграммы материала явно использовались только члены первого и второго порядков. Показано, что в случае когда коэффициент диссипации невелик, несмотря на то, что учет диссипативных процессов позволяет установить энергетический баланс в системе, величина диссипации не оказывает существенного влияния на профиль решения. Дальнейшее увеличение коэффициента диссипации делает баланс энергии более устойчивым, и состояние, описываемое двухсолитонным решением, также становится более устойчивым по отношению к изменениям параметров модели.

Волновыми процессами, которые заложены в исходную нелинейную упругопластическую модель, полностью пренебрегать нельзя. При проведении расчетов профилей решения в течение длительного времени в системе начинают проявляться колебания с переменным периодом и амплитудой, являющейся функцией времени. Появление таких колебаний в первую очередь связано с углом наклона нисходящей ветви диаграммы материала. Чем больше этот угол, тем более заметны колебания. Для такой ситуации характерно быстрое изменение величины напряжений в материале, в результате чего рассеяние энергии протекает с некоторой задержкой, что в незначительной степени нарушает баланс энергии.

Дальнейшее увеличение диссипации приводит к тому, что потери энергии становятся очень большими. Известно, что это основной механизм, позволяющий возникать в системе связанным солитонным состояниям. Теперь уже решения практически стабильны. Волновые свойства не проявляются вовсе.

На стадии разупрочнения при условии, что деформации растут более медленно, с уменьшением напряжений их размеры оказываются несколько больше. Это может быть обусловлено более высокой скоростью роста самих деформаций.

Исследование влияния неоднородности внутренней структуры материала на двухсолитонное решение показывает, что если при изготовлении бетона использовать такие его составляющие, внутренняя структура которых имеет неоднородные области значительных размеров, то в процессе изготовления в бетоне будут возникать неоднородные области, что приведет к развитию значительных деформаций, а значит, повлияет на его прочность. Возникнет такого же рода проблема, неоднородные области в бетоне будут формироваться вследствие особенностей технологического процесса его изготовления. Однако из результатов проведенных исследований нельзя делать вывод о том, что чем меньше будут размеры областей неоднородности, тем прочнее будет материал. Изучаемая в данной работе модель имеет определенные границы применения, и согласно этой модели в материале обязательно должна формироваться некоторая неоднородная структура. Характерные размеры этой структуры зависят от конкретных значений параметров модели. Но это означает, что измельчение компонент бетона при его изготовлении и их последующее перемешивание могут производиться только до определенного предела, причем этот предел определяется не только финансовыми затратами или затратами по времени, но и требованиями, предъявляемыми к свойствам материала.

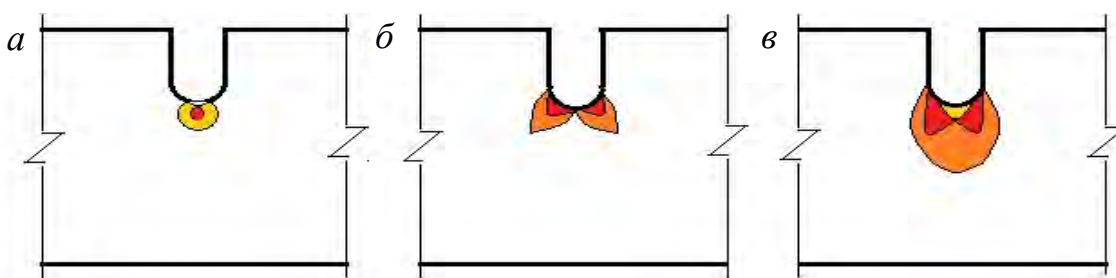
Еще одной особенностью поведения решения является возможность предельного перехода от динамического описания развития деформации к статической. Это становится возможным в тех случаях, когда потери энергии в результате диссипации оказываются очень большими. Энергии системы будет не хватать не только на формирование топологически нетривиальных связанных состояний, но даже и для одиночных солитонов. Возможным будет формирование только тривиальных состояний, следовательно, в материале не будут формироваться и распространяться зависящие от времени флуктуации деформаций. Для таких случаев исследуемая модель не применима.

Изучение зависимости двухсолитонного решения от тех его параметров, которые приходится считать произвольными, показывает, что возможна ситуация, при которой решение имеет типичный для солитона колоколообразный профиль, однако на его гребне становится видна некоторая структура. Эта структура имеет определенное сходство с аналогичной структурой, присущей колеблющимся кинкам, и свидетельствует о возбуждении некоторых дополнительных мод колебаний, обусловленных появлением в системе дополнительной внутренней степени свободы.

**«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» разработана теория компьютерного термографирования предельного состояния материалов строительных конструкций и экспериментально обоснована методология контроля эксплуатационной надежности несущих строительных конструкций при нормальных и повышенных температурах. Установлена закономерность наступления предельного состояния и кинетики зарождения и развития трещин в зоне локализации деформаций в пластических металлических строительных материалах, обусловленная выявленными полосами сдвига, являющимися источником теплообразования. Температура поверхности полосы сдвига растет плавно до стадии зарождения трещин у дефектов материала.





*a* – начало текучести; *б* – стадия самоупрочнения; *в* – стадия предразрушения

Рисунок 37 – Стадии развития пластических деформаций и нагрева у надреза при статическом нагружении

Дана оценка распределения температуры в элементах строительных конструкций типа пластин с учетом теплофизических свойств материала, заданных на боковых поверхностях пластины температур с учетом различных коэффициентов теплоотдачи в окружающую среду. Для исследованного случая можно сделать следующие выводы.

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

**«Строительные материалы и технологии 42».** «Разработка физико-химических основ получения из техногенного сырья специальных пропиточных составов на основе гексафторсиликата цинка, обеспечивающих повышенные эксплуатационные свойства бетонным и железобетонным изделиям». Научный руководитель – канд. техн. наук Хотянович О.Е. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 42» разработана технология получения крупнокристаллического гексагидрата гексафторсиликата цинка из техногенного сырья, таблицы 11, 12.

Таблица 11 – Влияние концентрации гексафторкремниевой кислоты на выход гексафторсиликата цинка

Концентрация $H_2SiF_6$ , мас. %	Выход гексафторсиликата цинка, мас. %	Примечание
5	93,9	Выпадение кристаллов $ZnSiF_6 \cdot 6H_2O$ из его раствора не обнаружено
10	95,1	--/--
15	96,7	--/--
20	97,2	--/--
25, 30, 35, 40, 45	–	Высокая вязкость суспензии. Перемешивание затруднительно. Наблюдается выпадение кристаллов $ZnSiF_6 \cdot 6H_2O$

Таблица 12 – Влияние технологических параметров на выход гексафторсиликата цинка

Избыток гексафторкремниевой кислоты против стехиометрического количества, мас. %	Выход гексафторсиликата цинка, %, при температуре синтеза, °С				
	30	50	70	90	110
0	78,6	88,3	93,7	90,4	87,1
2	82,4	89,5	97,2	93,3	88,2
4	83,6	90,7	97,6	92,8	88,5
6	83,8	91,9	97,7	93,0	90,3
8	83,9	91,7	97,6	92,4	90,1

Установлены основные параметры синтеза крупнокристаллического гексагидрата гексафторсиликата цинка из пыли газоочистки Белорусского металлургического завода и гексафторкремниевой кислоты ОАО "Стеклозавод «Неман»".

Таким образом, оптимальными параметрами являются: концентрация гексафторкремниевой кислоты – 18–22 мас. %; избыток гексафторкремниевой кислоты против стехиометрического количества – 3,0–5,0 мас. %; температура синтеза – 70–80 °С; температура выпаривания раствора – 60–80 °С.

Рентгенографический анализ образца, полученного по оптимальному режиму, показал, что основной фазой является гексафторсиликат цинка ( $d = 4,67; 4,13; 2,92; 2,60; 1,89; 1,73 \text{ \AA}$ ). На ИК-спектре наблюдаются полосы поглощения в интервалах 450–770, 1600–1700 и 3400–3600  $\text{см}^{-1}$ , которые характерны для  $\text{ZnSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными. По данным химического анализа, полученный продукт содержит 96–98 %  $\text{ZnSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Значение содержания основного вещества согласуется с расчетным.

Разработан лабораторный технологический процесс получения гексагидрата гексафторсиликата цинка из техногенного сырья (гексафторкремниевой кислоты ОАО "Стеклозавод «Неман»" и пыли газоочистки ОАО «Белорусский металлургический завод», управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания»).

Научная новизна заключается в проведении системных исследований получения из техногенного сырья крупнокристаллического гексагидрата гексафторсиликата цинка с максимальным выходом.

Пропиточные составы на основе гексафторсиликата цинка позволят улучшить эксплуатационные свойства бетонных и железобетонных изделий и конструкций и расширить номенклатуру отечественных химических добавок.

**«Строительные материалы и технологии 43».** «Разработка импортозамещающей технологии предварительного напряжения монолитных железобетонных конструкций в строительных условиях, обеспечивающей ресурсосбережение в строительстве, повышение потребительских свойств и конкурентоспособности продукции строительного комплекса Республики Беларусь». Научный руководитель – д-р техн. наук Леонович С.Н. Белорусский национальный технический университет.

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 43» выполнен патентно-информационный поиск зарубежных образцов систем постнапряжения, включающих номенклатурный ряд изделий, материалов и оборудования (таблица 13).

Таблица 13 – Сравнение систем постнапряжения по некоторым технологическим параметрам, обязательным для учета при выборе системы постнапряжения

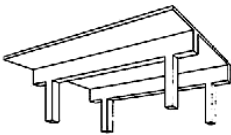
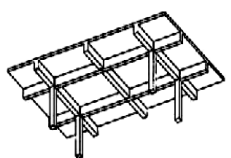
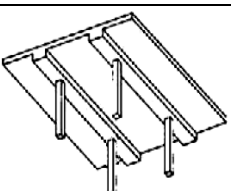
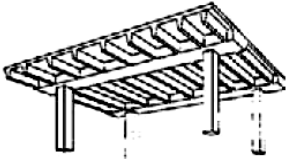
Критерий	Без сцепления (unbonded)		Со сцеплением (bonded)	
	Monostrand	Multistrand	Monostrand	Multistrand
Передача обжимающего усилия осуществляется	Через анкерное устройство		По длине пряди и через анкерное устройство	
Защита арматуры от коррозии обеспечивается	Оболочкой каната из ПЭВП	Оболочками канатов из ПЭВП и раствором инъектиров. канала	Раствором инъектиров. канала	
Необходимость установки каналов и их инъектирования	Нет	Да	Да	Да
Возможность извлечения пряди для осмотра и замены	Да	Да	Нет	Нет
Возможность дотяжки пряди	Да	Да	Нет	Нет

Классифицированы современные системы постнапряжения, выявлены области эффективного применения каждой из них в зависимости от ее конструктивных особенностей. Разработана технологическая карта на устройство предварительно напряженного перекрытия. Проанализированы программные комплексы для моделирования постнапряженных конструкций и непосредственно процесс расчета и конструирования в соответствии с требованиями EN. Информационный поиск и анализ современных систем постнапряжения является необходимым этапом в процессе разработки импортозамещающего технологического комплекса.

Анализ конструктивных особенностей систем позволяет сделать выбор наиболее востребованной в Республике Беларусь системы, эффективной на наибольшем количестве объектов строительства. Анализ технологии производства работ невозможен без анализа особенностей расчета и конструирования постнапряженных конструкций. Данный результат может быть использован в качестве справочного либо учебно-методического пособия всеми заинтересованными лицами и организациями, однако основное назначение выполненной работы – обеспечение информационного основания для компоновки отечественного производственного комплекса.

Типы предварительно напряженных плит перекрытия, рекомендации по области их применения и характерным размерам сечений элементов даны в таблице 14.

Таблица 14 – Типы, покрытия и рекомендации по применению предварительно напряженных плит

Эскиз	Предварит. напрягаемые элементы	Величина пролета	Полезная нагрузка	Примечания
	Балки и плита	Балки: 15–20 м; плиты: 4,5–9 м	До 10 кН/м <sup>2</sup>	Балки устраиваются в одном направлении. Такие решения типичны для паркингов однако могут применяться и для офисных зданий с большими пролетами
	Главные и второстепенные балки клетки, плита	Гл. балки: 15–20 м; второстеп. балки: 10–12 м	До 10 кН/м <sup>2</sup>	Балочная клетка. Достаточно экономичны, позволяют уменьшить толщину плиты по сравнению с вариантом устройства перекрытия с балками в одном направлении. Применяются для зданий с квадратной ячейкой сетки колонн
	Балки и плита	Балки: 8–12 м; плиты: 5,5–7,5 м	До 10 кН/м <sup>2</sup>	Широкие балки малой толщины устраиваются в одном направлении. Решение применяется для перекрытий с прямоугольной ячейкой и ограниченной высотой этажа
	Балки и ребра	Балки: 6–11 м; ребра: 11–20 м; плиты: 1–1,2 м	До 10 кН/м <sup>2</sup>	Ребристые плиты перекрытия и покрытия, балки и ребра имеют одинаковую высоту. Применяются для зданий с прямоугольной ячейкой, балки располагаются в направлении короткой стороны

В числе прямых потерь учитываются потери от трения канатов о стенки канала, потери от проскальзывания канатов в анкерных приспособлениях при закусывании цанг, а также потери от упругой деформации бетона конструкции, определенные из расчета в программном комплексе MicroFe. Неравномерное распределение усилия предварительного напряжения характерно для систем со сцеплением арматуры с бетоном (bonded) и обусловлено трением, возникающим на момент натяжения канатов. В системах без сцепления арматуры с бетоном (unbonded) усилие обжатия выравнивается по длине пряди с течением времени за счет воз-

возможного скольжения каната в индивидуальной оболочке со смазкой. На рисунке 38 приведен случай натяжения пучка с обоих концов. Очевидно, что анализ результатов расчета потерь преднапряжения обуславливает также порядок выполнения технологических операций.

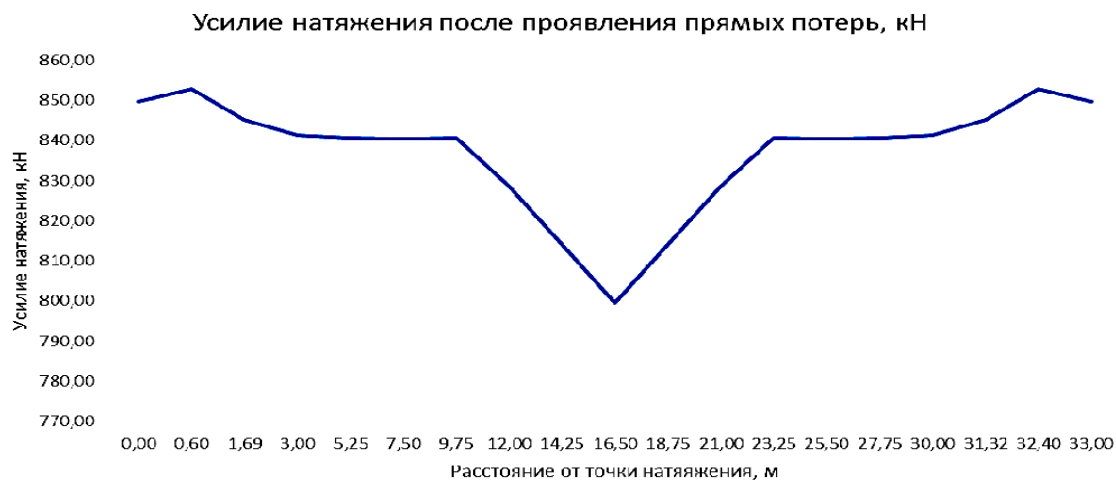


Рисунок 38 – Распределение усилия натяжения после проявления первых (прямых) потерь предварительного напряжения для пучка канатов длиной 33 м

**«Строительные материалы и технологии 44».** «Исследовать технические и технологические факторы, влияющие на несущую способность железобетонных труб для подземных трубопроводов, и разработать рекомендации по расчёту и проектированию трубопроводов из железобетонных труб». Научный руководитель – канд. техн. наук Шепелевич Н.И. РУП "Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»".

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 44» выполнен анализ известных методов определения нагрузок на подземные трубопроводы из железобетонных труб и выявлены технические и технологические факторы, оказывающие существенное влияние на значения нагрузок, главными из которых являются глубина заложения трубопровода и степень уплотнения грунта засыпки. Выполнен анализ методов расчета и проектирования подземных трубопроводов из железобетонных труб. Расчетная схема труб представлена в виде изгибаемого кольцевого элемента, находящегося в условиях плоской деформации. Для вычисления значения максимальных изгибающих моментов в сечении стенки трубы получена система коэффициентов, учитывающих степень уплотнения грунта засыпки и тип основания под трубопроводом для различных нагрузок.

При расчете труб по второй группе предельных состояний предложена методика учета влияния кривизны элемента, основанная на использовании методов численного моделирования (трехмерная конечно-элементная модель).

Применительно к современным расчетным программным комплексам разработана численная конечно-элементная модель. Выполнены численные исследования напряженно-деформированного состояния уложенных в траншею железобетонных труб, в том числе с учетом образования трещин, которые показали хорошую сходимость с результатами аналогичных экспериментальных исследований.

Полученные результаты будут использованы при разработке рекомендаций по расчету и проектированию трубопроводов из железобетонных труб.

Результаты исследований (методика и расчетная модель) позволяют достаточно точно определить значения внутренних усилий в стенках уложенных в землю железобетонных труб от действия внешних нагрузок, в том числе в заданных инженерно-геологических условиях их укладки.

**«Строительные материалы и технологии 45».** «Разработка антикоррозионной композиции и способа её 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».

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 45» разработана методика приготовления антикоррозионной композиции для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб, представляющая собой водный раствор фосфатных солей цинка, ортофосфорной кислоты, суспензии глины и жидкого стекла, усиливающей адгезию бетона к стали, а также методика приготовления антикоррозионной композиции для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб, представляющая собой водно-графитную суспензию фосфатных солей цинка, ортофосфорной кислоты, лигносульфанатов, суспензии глины и жидкого стекла, усиливающей адгезию бетона к стали.

Научная значимость и практическая направленность методик приготовления антикоррозионных композиций, обладающих способностью преобразования ржавчины и пассивации стали, состоит в улучшении средств борьбы с коррозией в строительной отрасли, а именно, в строительном производстве железобетонных конструкций. Композиции, представляющие собой водные суспензии солей цинка, ортофосфорной кислоты, лигносульфанатов, глины и жидкого стекла, могут использоваться для обработки стальных элементов железобетонных конструкций для защиты их от коррозии и улучшения адгезионных свойств бетона по отношению к обработанным композициями стальной поверхности.

**«Строительные материалы и технологии 46».** «Разработка теплоизоляционных штукатурок на основе импортозамещающего гидратированного силиката натрия и полых микросфер». Научный руководитель – канд. техн. наук Шинкарева Е.В. РУП "Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»".

В результате исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 46» изучена возможность получения теплоизоляционных штукатурок на основе промышленной цементно-известковой штукатурной смеси «Забудова», гидратированных силикатов щелочных металлов и полых микросфер.

В качестве теплоизоляционного наполнителя использовались зольные полые микросферы с размером частиц до 40 мкм (рисунок 39), которые вводили в опытные образцы в количестве 5–30 мас. %.

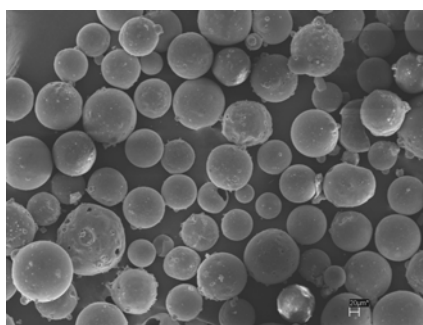
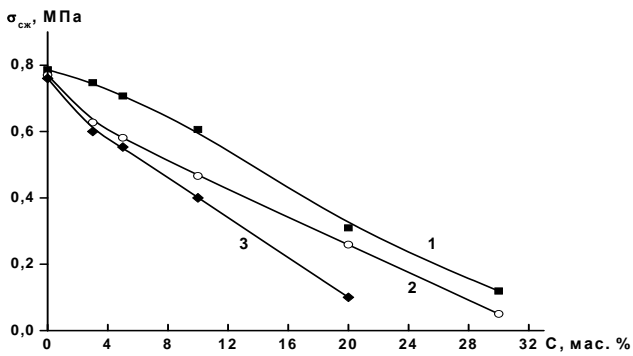


Рисунок 39– Микрофотография полых микросфер

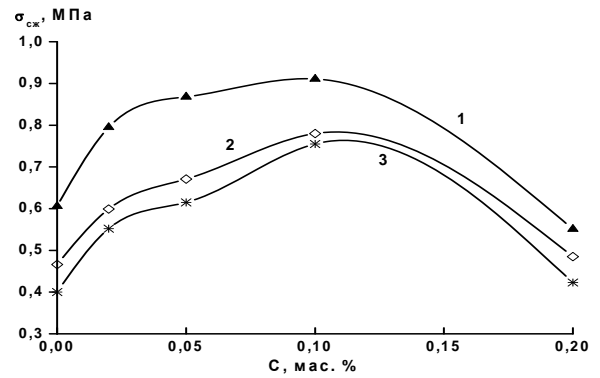
Установлено, что при введении микросфер в штукатурную смесь «Забудова» наблюдается снижение прочности на сжатие образцов (рисунок 40).

Изучено влияние концентрации наноразмерных частиц на физико-механические характеристики штукатурок на основе штукатурной смеси «Забудова», содержащей 10 мас. % микросфер. В качестве добавки использовали ультрадисперсный углерод со структурой алмаза. Установлено, что при введении наночастиц алмаза в опытные образцы происходит рост их прочности на сжатие по сравнению с исходным образцом (рисунок 41).



1 – 1 МПа; 2 – 3 МПа; 3 – 5 МПа

Рисунок 40 – Зависимость прочности на сжатие образцов на основе штукатурной смеси «Забудова» от содержания в них микросфер



1 – 1 МПа, 2 – 3 МПа, 3 – 5 МПа

Рисунок 41 – Зависимость прочности на сжатие образцов на основе теплой штукатурной смеси «Забудова» от содержания в них наночастиц алмаза. Содержание микросфер – 10 мас. %

Определена оптимальная степень наполнения штукатурной смеси наночастицами алмаза: 0,1 мас. %.

Адгезия исходной штукатурной смеси «Забудова» к мелкозернистому бетону составляет 0,17 МПа, содержащей 10 мас. % микросфер – 0,1 МПа, 10 мас. % микросфер и 0,1 мас. % частиц наноалмаза – 2,68 МПа. На рисунке 42 представлены микрофотографии сколов опытных образцов.

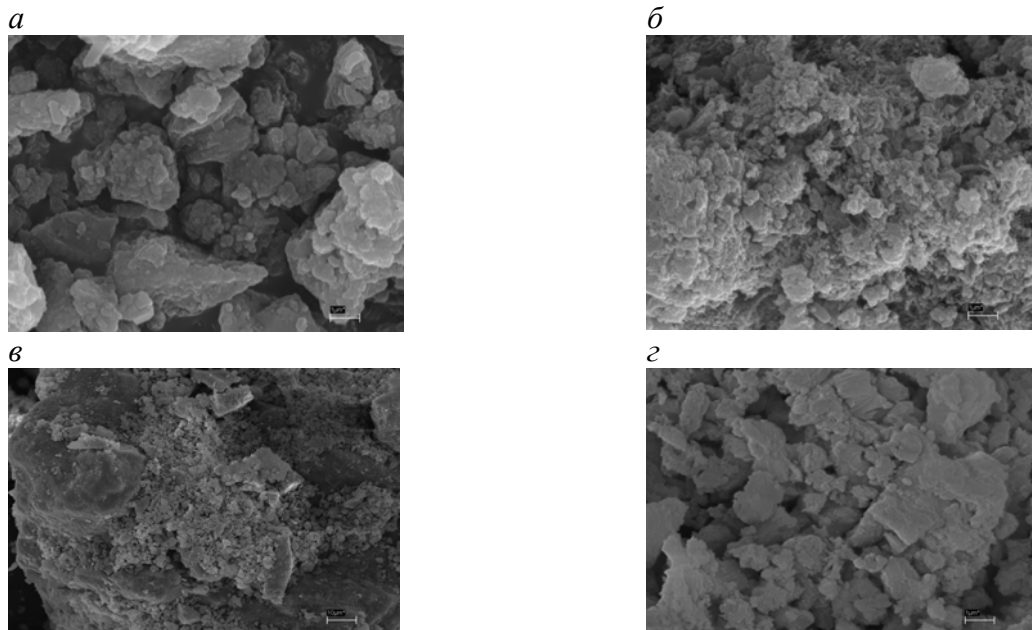


Рисунок 42 – Микроструктура сколов опытных образцов штукатурок «Забудова»: исходной (а); с добавкой 10 мас. % микросфер (б); 10 мас. % микросфер и 0,02 % наночастиц алмаза (в); 10 мас. % микросфер и 0,1 % наночастиц алмаза (z)

Видно, что образец на основе штукатурной смеси «Забудова» состоит из отдельных агломератов (рисунок 42, а). Введение в ее состав 10 мас. % микросфер способствует получению достаточно рыхлой структуры (рисунок 42, б). Присутствие наночастиц алмаза способствует получению более плотных структур (рисунок 42, в, z).

Во второй части работы в качестве связующего штукатурной смеси использовали порошкообразный гидратированный силикат калия производства ОАО «Домановский ПТК» Республики Беларусь. Исследования показали, что при содержании в смеси 20 мас. % микро-

сфер прочность на сжатие образцов составляет 2,29 МПа (при усилии 1 МПа). Введение в данный состав пропиленкарбоната повышает прочность образца на сжатие до 6,37 МПа при том же усилии.

С увеличением прикладываемой нагрузки величина прочности образцов на сжатие несколько уменьшается (рисунок 43). Силикатное покрытие с добавкой 20 % микросфер имеет достаточно плотную структуру (рисунок 44).

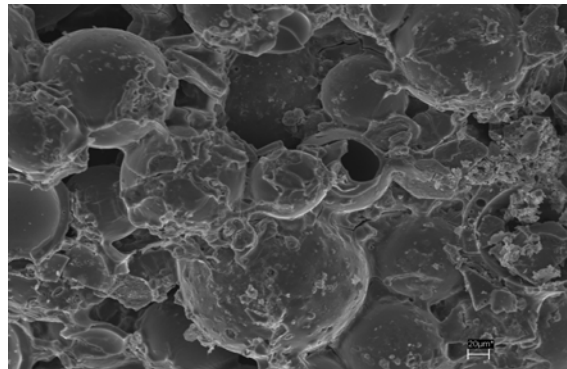
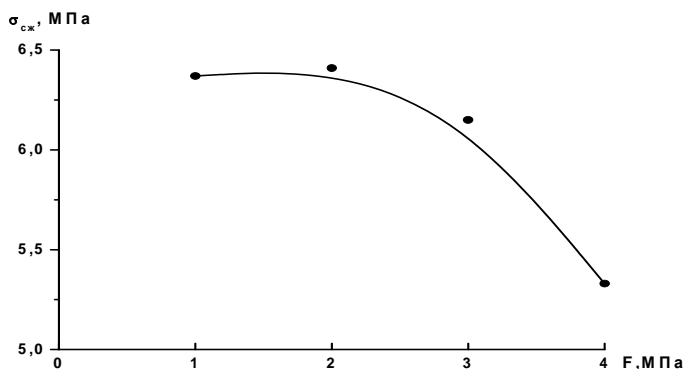


Рисунок 43 – Зависимость прочности на сжатие образцов теплой силикатной штукатурки с добавкой пропиленкарбоната. Содержание микросфер – 20 мас. %

Рисунок 44 – Микроструктура силикатного покрытия с добавкой 20 мас. % микросфер

### 2.3. Опубликованные научные работы

Опубликовано научных работ (книжных изданий, научных статей, докладов) за отчетный период всего – 167, из них:

- монографий – 6;
- учебников и учебных пособий – 4;
- сборников научных трудов – 1;
- справочников и энциклопедий – 1;
- научных статей и докладов – 129;
- в том числе за рубежом:
  - монографий – нет;
  - научных статей и докладов – 26.

#### Монографии

1. Эберхардштайнер, Й. Прочность и трещиностойкость конструкционных строительных материалов при многоосном напряженном состоянии / Й. Эберхардштайнер, С. Н. Леонovich, Ю. В. Зайцев. – Минск : БНТУ, 2013. – 522 с.
2. Лисовский, В.В. Микроволновой контроль влажности в технологических процессах АПК / В. В. Лисовский, И. А. Титовицкий. – Минск : БГУТУ, 2013. – 320 с.
3. Васильев, А.А. Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.
4. Шевченко, Д. Н. Расчетно-экспериментальная модель карбонизации бетона / Д. Н. Шевченко, А. А. Васильев, Е. О. Адарченко. – Гомель : БелГУТ, 2013. – Гл. 3 : Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование). – С. 53–109.
5. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации / П. С. Серенков [и др.]. – Минск : Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 256 с.: ил. – (Высшее образование: Магистратура).

6. Аналитический расчет и компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния листовых рессор / В. В. Клубович [и др.] // Перспективные материалы и технологии / под ред. В. В. Клубовича. – Витебск : Изд-во УО «ВГТУ», 2013. – 655 с.

### **Учебники и учебные пособия**

1. Талецкий, В. В. Строительные конструкции : учебно-методическое пособие / В. В. Талецкий, П. Ю. Этин, А. В. Степанова. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 65 с.
2. Расчет на изгиб стержневых конструкций : учебное пособие / Ю. В. Василевич [и др.]. – БНТУ, 2013.
3. Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование : учебно-методическое пособие / В. М. Шаповалов [др.]. – Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2013. – 174 с.
4. Леонович, С. Н. Технология реконструкции зданий и сооружений : практикум / С. Н. Леонович, Н. Л. Полейко, Д. Ю. Снежков. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 117.

### **Сборники научных трудов**

Влияние когезии на прочность композита, армированного гранулами / А. О. Шимановский [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. – Минск : ОАО «Промпечать», 2013. – Вып. 2.

### **Справочники и энциклопедии**

Государственная программа научных исследований «Строительные материалы и технологии» (2011–2015 гг.): Анализ итогов второго года работы : научно-технический справочник / Б. М. Хрусталева, С. Н. Леонович. – Минск : БНТУ, 2013. – 465 с.

### **Научные статьи и доклады**

1. Влияние гидрофобизации поверхности аморфного диоксида кремния на физико-механические свойства полимербетонных смесей и покрытий / В. П. Дубодел [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2013. – № 2. – С. 74–80.
2. Исследование влияния модифицирования поверхности аморфного диоксида кремния на физико-механические характеристики полимербетонных смесей / О. Е. Пантюхов [и др.] // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 17–18 октября 2013 г. – С. 258–259.
3. Дубодел, В. П. Модифицированные полимербитумные материалы для защиты бетонных и железобетонных конструкций / В. П. Дубодел, О. Е. Пантюхов, В. М. Шаповалов // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 17–18 октября 2013 г. – С. 56–57.
4. Носов, К. С. Высоконаполненные полимерминеральные композиты и технология получения из них технических изделий для жилищно-коммунального хозяйства и строительства / К. С. Носов // Материалы, технологии, инструменты. – 2012. – Т. 17, № 1. – С. 79–82.
5. Дубодел, В. П. Битумно-полимерная композиция для получения светопоглощающего покрытия солнечного коллектора / В. П. Дубодел, В. М. Шаповалов, И. И. Злотников // Полимерные композиты и трибология: Поликомтриб-2013 : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 24–27 июня 2013 г. – С. 155–156.
6. Барановская, Е. И. Бесцементный автоклавный ячеистый бетон на основе стале-плавильных шлаков / Е. И. Барановская, А. А. Мечай // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–29 ноября 2013 г. / БГТУ; редкол. : И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2013. – С. 43–47.



7. Барановская, Е. И. Исследование процесса химической активации электростале-плавильного шлака в составе ячеисто-бетонных смесей / Е. И. Барановская, А. А. Мечай // Молодежь в науке-2013 : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 19–22 ноября 2013 г. – Минск, 2013. – С. 799–803.
8. Барановская, Е. И. Исследование продуктов твердения и структуры ячеистого бетона на основе электросталеплавильного шлака / Е. И. Барановская, А. А. Мечай // Научные стремления-2013 : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 3–6 декабря 2013 г. – Минск, 2013.
9. Базальты и туфы Республики Беларусь – перспективное сырье для керамической промышленности / И. А. Левицкий [и др.] // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : тезисы докладов X Междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 15–16 октября 2013 г. / ГНУ НИЦПР НАН Беларуси ; редкол. : А. И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2013. – С. 76–77.
10. Позняк, А. И. Керамические плитки сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен, полученные по технологии однократного обжига / А. И. Позняк // VII конкурс проектов молодых ученых : тез. докл., Москва, 29 октября 2013 г. / РХТУ им. Д. И. Менделеева. – М., 2013. – С. 30–31.
11. Левицкий, И. А. Технологические тенденции ресурсосбережения при получении керамических плиток для внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Энергоэффективность и ресурсосбережение : материалы Белорусско-Германского семинара, Минск, 3–5 июля, 2013 г. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 125–127.
12. Левицкий, И. А. Ресурсосбережение и энергоэффективность при получении плиток внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Наука, инновации, инвестиции : материалы Белорусско-Латвийского форума, Минск, 25–27 сентября, 2013 г. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 36–38.
13. Использование отходов производства для получения керамических материалов строительного назначения / И. А. Левицкий [и др.] // Технологические тенденции повышения промышленной экологической безопасности, охраны окружающей среды, рациональной и эффективной жизнедеятельности человека : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. с участием государств – участников СНГ, Минск, 15–16 мая 2013 г. / редкол. : В. Е. Кратенок [и др.]. – Минск : ГУ «БелИСА», 2013 г. – С. 327–337.
14. Новое в технологии керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий [и др.] // Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–29 ноября 2013 г. – Минск : БГТУ, 2013. – С. 14–17.
15. Левицкий И. А. Оптимизация составов прозрачного глазурного покрытия для плиток внутренней облицовки стен // И. А. Левицкий [и др.] // Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–29 ноября 2013 г. – Минск : БГТУ, 2013. – С. 120–124.
16. Кузьменкова, О. Ф. Перспективы использования вендских базальтов и туфов Беларуси в производстве силикатных строительных материалов / О. Ф. Кузьменкова, С. Е. Баранцева // Материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–29 ноября 2013 г. – Минск : БГТУ, 2013. – С. 96–99.
17. Пищ, И. В. Влияние разжижающих добавок на реологические свойства керамических шликеров / И. В. Пищ, Ю. А. Климош, Е. В. Габалов // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганических веществ. – 2013. – Вып. XXI. – С. 106–109.
18. Исследование влияния добавок дефлокулянтов на реологические свойства керамических суспензий, применяемых в производстве санитарных керамических изделий / И. В. Пищ [и др.] // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : тез. докл. X Междунар. науч.-техн. конф. – Гродно, 15–16 октября 2013 г. – Гродно : ГрГУ, 2013. – С. 126–127.
19. Солодкая, И. В. Исследование реологических свойств шликеров для санитарных керамических изделий при введении различных добавок электролитов / И. В. Солодкая,

И. В. Пищ // Технология-2013 : материалы XVI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 26–27 апреля 2013 г. : в 2 ч. – Северодонецк, 2013. – Ч. 1. – С. 152–154.

20. Солодкая, И. В. Исследование влияния электролитов на реологические свойства шликеров керамических плиток для полов / И. В. Солодкая, И. В. Пищ // 64-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов : сб. науч. работ : в 3 ч. – Минск : БГТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 321–324.

21. Исследование влияния добавок дефлокулянтов на реологические свойства глазури, используемой в производстве санитарных керамических изделий / И. В. Пищ [и др.] // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–29 ноября 2013 г. – С. 86–89.

22. Пищ, И. В. Исследование влияния дефлокулянтов на реологические свойства керамических шликеров : докл. на 77-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава и аспирантов 4–9 февраля 2013 г. / И. В. Пищ, Ю. А. Климош. – Минск : БГТУ, 2013.

23. Лукаш, Е. В. Магнезиальный цемент на основе каустического доломита / Е. В. Лукаш, М. И. Кузьменков, Т. М. Корнилова // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2013. – Т. 18, № 3. – С. 43–47.

24. Стеклодоломитовые листы – перспективные отделочные материалы / Т. М. Корнилова [и др.] // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : X Междунар. науч.-техн. конф., г. Гродно, 15–16 октября 2013 г. – С. 51–52.

25. Дубчук, Р. Б. Получение магнезиального цемента различного гранулометрического состава и исследование его свойств / Р. Б. Дубчук, Е. В. Лукаш // 64-я студенческая науч.-техн. конф. : сб. науч. работ, Минск, 22–27 апреля 2013 г. : в 3 ч. – Минск : БГТУ, 2013. – С. 365–368.

26. Лукаш, Е. В. Исследование свойств магнезиального цемента различного фракционного состава / Е. В. Лукаш, М. И. Кузьменков // Научные стремления-2013 : IV Междунар. молодежная науч.-практ. конф., г. Минск, 3–6 декабря 2013 г.

27. Исследование каолинов белорусских месторождений с целью использования в производстве керамических плиток различного назначения / О. А. Сергиевич [и др.] // Труды БГТУ, Сер. Химия и технология неорганических веществ. – 2013. – С. 110–117.

28. Попов, Р. Ю. О возможности применения каолинового сырья Республики Беларусь для получения керамики строительного и технического назначения / Р. Ю. Попов, Е. М. Дятлова, О. А. Сергиевич // Энергоэффективность и ресурсосбережение : материалы Белорусско-Германского семинара, Минск, 03–05 июня 2013 г. / БНТУ ; редкол. : Б. М. Хрусталева [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 119–121.

29. Дятлова, Е. М. Получение керамических огнеупорных материалов с применением каолинового сырья Республики Беларусь / Е. М. Дятлова, Р. Ю. Попов, О. А. Сергиевич // Наука, инновации, инвестиции : материалы Белорусско-Латвийского форума, Минск, 25–27 сентября 2013 г. / БНТУ ; редкол. : Б. М. Хрусталева [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 28–29.

30. Пути использования обогащенных каолинов Республики Беларусь / Е. М. Дятлова, Р. Ю. Попов, О. А. Сергиевич, Е. А. Лященко // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 14–16 октября 2013 г. / Гродн. гос. ун-т ; редкол. : А. И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2013. – С. 168.

31. Техническая керамика на основе обогащенных каолинов / Р. Ю. Попов [и др.] // Грани науки : тез. 2-й Всероссийской молодежной науч. интернет-конференции, Казань, апрель–июнь 2013 г. / Казанский (Приволжский) федеральный университет. – Казань, 2013. – 874 с.

32. Лященко, Е. А. Использование химически обогащенного каолина месторождения «Дедовка» для синтеза кордиеритсодержащих изделий / Е. А. Лященко // Материалы 64-й научно-технической конференции студентов и магистрантов, Минск, 22–27 апреля 2013 г. / БГТУ ; редкол. : И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2013. – С. 334–337.

33. Лященко, Е. А. Синтез термостойких керамических материалов на основе каолинов Республики Беларусь / Е. А. Лященко // Новые материалы и технологии их обработки : тез. Республиканской студенческой науч.-техн. конф., БНТУ, 24–27 апреля 2013 г.
34. Кордиеритсодержащие изделия на основе каолинов Республики Беларусь / Р. Ю. Попов [и др.] // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Респ. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Могилев, 30–31 октября 2013 г. / Белорус.-Рос. ун-т ; редкол. : И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2013. – С. 82.
35. Попов, Р. Ю. Использование каолинов Республики Беларусь для синтеза кордиеритовой керамики / Р. Ю. Попов, Е. А. Лященко // Технологія-2013 : матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. 26–27 квітня 2013 р., Северодонецк : у 2 ч. / укл. : В. Ю. Тарасов. – Северодонецк : Технол. ін-т Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля (м. Северодонецк), 2013. – Ч. 1. – С. 178–181.
36. Каолины Республики Беларусь – сырье для производства керамических плиток / Р. Ю. Попов [и др.] // Технологія-2013 : матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. 26–27 квітня 2013 р., Северодонецк : у 2 ч. / укл. : В. Ю. Тарасов. – Северодонецк : Технол. ін-т Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля (м. Северодонецк), 2013. – Ч. 1. – С. 149–152.
37. Каолины Республики Беларусь – сырье для производства строительных и огнеупорных материалов / Р. Ю. Попов [и др.] // Развитие науки, образования и культуры независимого Казахстана в условиях глобальных вызовов современности : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Шымкент, 25–26 октября 2013 г. / Южно-Казахстанский гос. ун-т им. М. Ауэзова ; редкол. : Ж. У. Мырхалыков [и др.]. – Шымкент : Южно-Казахстанский госуд. ун-т им. М. Ауэзова, 2013. – С. 113–118.
38. Дятлова, Е. М. Термостойкие керамические материалы для высокотемпературных электроизоляторов / Е. М. Дятлова, Р. Ю. Попов // Приборостроение-2013 : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 20–22 ноября 2013 г. / БНТУ ; редкол. : Р. И. Воробей [и др.]. – Минск, 2013. – С. 292–294.
39. Использование каолинов месторождений Республики Беларусь для производства керамических плиток / О. А. Сергиевич, Е. М. Дятлова, Р. Ю. Попов // 77-я науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 4–9 февраля 2013 г. – Минск : БГТУ, 2013.
40. Негорючие пористые пеносиликатные материалы на основе природного микрокремнезема для теплоизоляции зданий и сооружений / В. Е. Гайшун [и др.] // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций : сб. материалов Междунар. конф. молодых ученых, Минск, 28–29 ноября 2013 г. – Минск : УП «Промбытсервис», 2013. – С. 30–32.
41. Гайшун, В. Е. Пеносиликатные и пеностеклокерамические теплоизоляционные материалы, получаемые на основе природного микрокремнезема / В. Е. Гайшун, Б. В. Плющ, М. Н. Капшай // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2013. – № 6(81). – С. 173–177.
42. Комплекс дистанционного измерения давления в шине / В. Г. Белкин [и др.] // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния : материалы 2-й Междунар. научн.-практ. конф., 27–28 февраля 2013 г., Минск / редкол. : В. И. Попечиц (гл. ред.). – Минск : НИИПФП им. А. Н. Севченко, 2013. – С. 136–137.
43. Электродинамические методы контроля влажности сыпучих и плоских диэлектрических материалов / И. А. Титовицкий [и др.] // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., 27–28 февраля 2013 г., Минск / редкол. : В. И. Попечиц (гл. ред.). – Минск : НИИПФП им. А. Н. Севченко, 2013. – С. 150–152.
44. Односторонний микроволновой датчик физических параметров гетерогенных материалов на основе полукрытого диэлектрического резонатора / В. М. Сердюк [и др.] // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного со-

стояния : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27–28 февраля 2013 г. / редкол. : В. И. Попечиц (гл. ред.). – Минск : НИИПФП им. А. Н. Севченко, 2013. – С. 153–155.

45. Система автоматизированного измерения температуры в элементах шины / Л. Н. Василевич [и др.] // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27–28 февраля 2013 г. / редкол. : В. И. Попечиц (гл. ред.). – Минск : НИИПФП им. А. Н. Севченко, 2013. – С. 164–166.

46. Автоматизация испытательного стенда сверхкрупногабаритных шин / Л. Н. Василевич [и др.] // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / редкол. : Б. М. Хрусталева (гл. ред.). – Минск : Бизнесофсет, 2013. – С. 67–68.

47. Автоматизированная система контроля влажности и доувлажнения зерна в потоке / А. Ч. Белячиц [и др.] // Достижения физики неразрушающего контроля : сб. науч. тр. / под ред. Н. П. Мигуна. – Минск : Институт прикладной физики НАН Беларуси, 2013. – С. 43–50.

48. Технологический контроль влажности калийных удобрений / В. Г. Белкин [и др.] // Актуальные инженерные проблемы химических и нефтехимических производств : материалы Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 50-летию Нижнекамского химико-технологического института. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт, 2013. – С. 154–156.

49. Автоматизированная система контроля и управления влажностью в технологических потоках мукомольных производств / А. Ч. Белячиц [и др.] // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск : БГАТУ, 2013. – С. 42–43.

50. Microwave sensors for measuring solid phase concentration in aqueous-cellulose suspensions for paper industry / A. Ch. Belyachits [et al.] // Proceedings of the 10th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances ISEMA–2013 / ed. by Klaus Kupfer and Norman Wagner. – Weimar (Germany) : MFPA, 2013. – P. 332–339.

51. Serdyuk, V. M. Diffraction of a Plane Inhomogeneous Electromagnetic Wave by a Perfectly Conducting Half-Plane in an Absorbing Medium / V.M. Serdyuk, J.A. Titovitsky // American Journal of Electromagnetics and Applications. – 2013. – Vol. 1, No 1. – P. 1–7.

52. Serdyuk, V.M. A rigorous theoretical model of guided waves excitation in a plane dielectric layer under electromagnetic diffraction by a conducting strip / V. M. Serdyuk, J. A. Titovitsky // Optics and Laser Technology. – 2013.

53. Особенности получения щелочно-силикатных теплоизоляционных материалов / С. Н. Леонович [и др.] // Наука и техника. – 2012. – № 6. – С. 45–50.

54. Производство строительных материалов на основе геоявляющих композиций / С. Н. Леонович [и др.] // Строительная наука и техника. – 2013. – № 1. – С. 72–74.

55. Трутнёв, А.А. Изготовление керамического кирпича с использованием промышленных отходов / А. А. Трутнёв, А. П. Платонов, С. Г. Ковчур // 46-я Республиканская науч.-техн. конф. преподавателей и студентов : материалы докл., Витебск, 24 апреля 2013 г. / Витеб. гос. технол. ун-т. – Витебск, 2013. – С. 208–210.

56. Использование полиэлектrolитов в водоподготовке / А. П. Платонов [и др.] // Техника и технология защиты окружающей среды : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 9–11 октября 2013 г. / БГТУ. – Минск, 2013. – С. 128–130.

57. Ковчур, С. Г. Направления улучшения экологической обстановки на промышленных предприятиях Республики Беларусь / С. Г. Ковчур, А. В. Гречаников, А. С. Ковчур // Техника и технология защиты окружающей среды : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 9–11 октября 2013 г. / БГТУ. – Минск, 2013. – С. 183–185.

58. Изготовление кирпича керамического с использованием неорганических отходов теплоэлектроцентрали / А. А. Трутнёв [и др.] // Новое в технике и технологии текстильной

- и лёгкой промышленности : сб. материалов Междунар. науч. конф., Витебск, 27–28 ноября 2013 г. / ВГТУ. – Витебск, 2013. – С. 176–180.
59. Гречаников, А. В. Изготовление строительных материалов с использованием промышленных отходов / А. В. Гречаников, А. А. Трутнёв // Стройиндустрия. Инновации в строительстве-2013 : сб. материалов науч.-практ. конф. ККУП «Витебский областной центр маркетинга», Витебск, 25–27 апреля 2013 г. – Витебск : Стройаналитик, 2013. – С. 48–49.
60. Критерии оценки технического состояния железобетонных элементов с учетом карбонизации бетона / А. А. Васильев [и др.] // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – С. 41–45.
61. Васильев, А.А. Коррозионно-стойкий модифицированный бетон / А. А. Васильев, Е. О. Блоцкая (Адарченко), Р. И. Зуменц // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – С. 333–334.
62. Васильев, А. А. Критерии оценки технического состояния железобетонных элементов и конструкций с учетом карбонизации бетона / А. А. Васильев, Д. Н. Шевченко, Л. В. Пликус // Строительная наука и техника. – 2013. – № 2 (42). – С. 21–26.
63. Анализ напряженно-деформированного состояния композита при взаимодействии матрицы и зерен заполнителя / А. О. Шимановский [и др.] // Полимерные композиты и трибология : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – С. 205.
64. Модель изменения защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре / А. А. Васильев [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2013. – № 1 (26). – С. 71–73.
65. Оценка эффективности применения вторичной защиты бетона от карбонизации / А. А. Васильев [и др.] // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2013. – № 2 (27). – С. 76–79.
66. Шимановский, А. О. Моделирование напряженно-деформированного состояния бетона с учетом воздействия эксплуатационной среды / А. О. Шимановский, О. И. Якубович, А. А. Васильев // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2013. – № 2 (27). – С. 67–72.
67. Многоуровневое компьютерное моделирование строительных композитов с учетом внутренних контактных взаимодействий / А. О. Шимановский [и др.] // Материалы, технологии, инструменты. – 2013. – Т. 18, № 4. – С. 30–33.
68. Прасол, А. В. Железобетон в условиях хлоридной коррозии: деформирование и разрушение / А. В. Прасол, С. Н. Леонович // Строительные материалы. – 2013. – № 5. – С. 94–95.
69. Талецкий, В. В. Определение модуля упругости металлопластиковой арматуры / В. В. Талецкий // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы III Междунар. науч.-практич. конф. – Гомель : БелГУТ, 2013. – С. 406–407.
70. Степанова, А. В. Особенности коррозионного поведения арматуры в бетоне при частичном увлажнении раствором хлористого натрия / А. В. Степанова, В. В. Талецкий // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы III Междунар. науч.-практич. конф. – Гомель : БелГУТ, 2013. – С. 402–403.
71. Шевченко, Д.Н. Вероятность последовательного накопления отказов при регулярном тестировании системы / Д. Н. Шевченко // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы III Междунар. науч.-практич. конф. – Гомель : БелГУТ, 2013. – С. 144.
72. Степанова, А. В. Имитационное моделирование ресурса железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлора / А. В. Степанова, В. В. Талецкий, Д. Н. Шевченко // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : материалы Науч.-метод. семинара, Минск, 22–23 мая 2013 г. : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 185–193.
73. Талецкий, В. В. Увеличение модуля упругости стеклопластиковой арматуры / В. В. Талецкий // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского сою-

за в области строительства : материалы Науч.-метод. семинара, Минск, 22–23 мая 2013 г. : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 1. – С. 129–135.

74. Талецкий, В. В. Определение коэффициентов упругости намывных трансверсально-изотропных грунтов / В. В. Талецкий // Геотехника Беларуси: наука и практика : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 23–25 октября, 2013 г. : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 1. – С. 388–396.

75. Снежков, Д. Ю. Анализ методик неразрушающих испытаний бетона конструкций по действующим государственным стандартам и нормам Евросоюза / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович, А. В. Вознищик // Наука и техника. – 2013. – № 2. – С. 33–39.

76. Снежков, Д. Ю. Применение ультразвукового импульсного метода для контроля неоднородности бетона / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович // Механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов : материалы 7-й Междунар. науч. конф., Воронеж, октябрь 2013 г. : в 2 т. – Воронеж : ВГАСУ, 2013. – Т. 2. – С. 75–83.

77. Снежков, Д. Ю. Определение нормативных показателей прочности бетона возводимых и эксплуатируемых железобетонных конструкций по действующим государственным стандартам и нормам Евросоюза / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович // Главный инженер в строительстве. – 2013. – № 1. – С. 39–48.

78. Леонович, С. Н. Железобетон в условиях хлоридной коррозии: деформирование и разрушение / С. Н. Леонович, А. В. Прасол // Строительные материалы. – 2013. – № 5 (701). – С. 94–96.

79. Дисперсии многослойных углеродных нанотрубок строительной материаловедении // Б. М. Хрусталева [и др.] // Наука и техника. – 2013.

80. Нанотесты бетонных образцов с нанотрубками и без них / Б. М. Хрусталева [и др.] // Наука и техника. – 2013.

81. К вопросу оценки технического состояния сборных железобетонных многопустотных плит перекрытия / В. Ф. Зверев [и др.] // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : материалы научно-методического семинара : сб. науч.-техн. статей : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 276–283.

82. Полейко, Н. Л. Усиление строительных конструкций углеродными волокнистыми лентами / Н. Л. Полейко, С. Н. Леонович // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : материалы научно-методического семинара : сб. науч.-техн. статей : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 298–302.

83. The influence of Multilayer Nanotubes on Concrete Fracture Toughness / J. Eberhardsteiner [et al.] // Наука и техника. – 2012. – № 4. – Р. 9.

84. Двухсолитонное решение задачи о разупрочняющемся стержне / Г. В. Земляков [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 3.

85. Передков, И. И. Классификация и сравнительный анализ систем предварительного напряжения железобетонных конструкций в построечных условиях / И. И. Передков, С. Н. Леонович // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : материалы научно-методического семинара : сб. науч.-техн. статей : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 123–130.

86. Полейко, Н. Л. Прочностные и эксплуатационные характеристики бетона строительных конструкций защищенных системой «Кальматрон» / Н. Л. Полейко [и др.] // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : материалы научно-методического семинара : сб. науч.-техн. статей : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 145–158.

87. Чернякевич, О. Ю. Применение европейских стандартов при оценке эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций при коррозии карбонизации / О. Ю. Чернякевич, С. Н. Леонович // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства : материалы научно-методического семинара : сб. науч.-техн. статей : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 210–224.

88. Леонович, С. Н. Прочность и жесткость бетонных элементов, усиленных углеродными волокнистыми лентами / С. Н. Леонович, Н. Л. Полейко // *Материалы научной конференции ВИТУ*, 21 марта 2013 г. – СПб., 2013.
89. Леонович, С. Н. Восстановление эксплуатационных свойств дефектного бетона гидроизоляционной композицией проникающего действия «Кальматрон» / С. Н. Леонович [и др.] // *Материалы НТК ВИТУ 21 марта 2013 г.* – СПб., 2013. – С. 120–129.
90. Земляков, Г. В. Исследование импортозамещающей технологии гидрофобизации цемента и бетона для обеспечения расчетного срока службы при воздействиях окружающей среды / Г. В. Земляков // *Технология строительства и реконструкции (ТСР-2013) : Междунар. науч. конф.*, Минск, 11 ноября 2013 г. – Минск : БНТУ, 2013.
91. Сизов, В. Д. Влияние экранирования на снижение теплового потока через теплоизоляционный слой из микромодулей / В. Д. Сизов, Л. В. Нестеров // *Наука – образованию, производству, экономике : материалы 11-й Междунар. науч.-техн. конф.* – Минск : БНТУ, 2013. – С. 155.
92. Питиримов, В. В. К вопросу проектирования дымовых труб / В. В. Питиримов // *Наука – образованию, производству, экономике : материалы 11-й Междунар. науч.-техн. конф.* – Минск : БНТУ, 2013. – С.160.
93. Шинкарева, Е. В. Клеевые нанокпозиционные материалы на основе эпоксидных олигомеров / Е. В. Шинкарева [и др.] // *Вестник Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Сер. 6, Тэхніка.* – 2013. – № 2 (154). – С. 64–75.
94. Two-component adhesive based on aqueous emulsion of ED-20 resin for carbon-fiber reinforcement of bearing concrete structures / E. V. Shinkareva [et al.] // *Russian Journal of Applied Chemistry.* – 2013. – V. 86, No 7. – P. 1099–1107.
95. Шинкарева, Е. В. Двухупаковочная антикоррозионная грунтовка на основе водной эмульсии смолы ЭД-20 и сшивающего агента epilink 701 / Е. В. Шинкарева [и др.] // *Композиционные материалы в промышленности (СЛАВПОЛИКОМ): 33-я Междунар. ежегодная конф. и блиц-выставка, 27–31 мая 2013 г.* – Киев, 2013. – С. 194–197.
96. Шинкарева, Е. В. Клей холодного отверждения на основе водной эмульсии смолы ЭД-20 для углеволоконного усиления несущих железобетонных конструкций / Е. В. Шинкарева, В. Д. Кошевар // *Композиционные материалы в промышленности (СЛАВПОЛИКОМ) : 33-я Междунар. ежегодная конф. и блиц-выставка, 27–31 мая 2013 г.* – Киев, 2013. – С. 197–200.
97. Шапарь, В. А. Испытательное оборудование для метрологической аттестации весоизмерительных тензометрических датчиков // В. А. Шапарь [и др.] // *Приборостроение-2013 : материалы 6-й Междунар. науч.-техн. конф.* – Минск : БНТУ, 2013. – С. 245–247.
98. Повышение точности работы автоматизированных весоизмерительных систем за счет исключения систематических погрешностей / А. В. Скачек [и др.] // *Приборы и методы.* – 2013. – № 01 (06).
99. Акельев, В. Д. Теплообмен в приквартирных остекленных светопрозрачных пространствах / В. Д. Акельев, А. С. Пенкрат // *Наука – образованию, производству, экономике : материалы 11-й Междунар. науч.-техн. конф.* – Минск : БНТУ, 2013. – С. 134.
100. Хрусталеv, Б. М. Об аэромассоустойчивости отапливаемых помещений и ограждающих конструкций / Б. М. Хрусталеv, В. Д. Акельев // *Вестник.*
101. Акельев, В. Д. Тепловой режим в отапливаемых помещениях при заданном изменении температуры наружного воздуха / В. Д. Акельев, Н. П. Воронова, М. Ф. Костевич // *Энергетика. Изв. вузов и энергетич. об-ний СНГ (в печати).*
102. Шведовский, П. В. Влияние и учет неоднородности уплотнения грунтовых оснований тяжелыми трамбовками на уровень надежности системы «основание-сооружение» / П. В. Шведовский, П. С. Пойта, Д. Н. Клебанюк // *Вестник БрГТУ : Строительство и архитектура.* – 2013. – № 1. – С. 68–72.
103. Пойта, П. С. Влияние конструктивных параметров и особенностей формы подошвы тяжелых трамбовок на формирование свойств грунтов в зоне уплотнения / П. С. Пойта, П. В. Шведовский, Д. Н. Клебанюк // *Вестник БрГТУ : Строительство и архитектура.* – 2013. – № 1. – С. 72–77.

104. Клебанюк, Д. Н. Особенности выбора технологических параметров при уплотнении грунтовых оснований тяжелыми трамбовками / Д. Н. Клебанюк, П. С. Пойта, П. В. Шведовский // Вестник БрГТУ : Строительство и архитектура. – 2013. – № 1. – С. 77–82.
105. Клебанюк, Д. Н. Пути совершенствования конструктивно-технологических параметров процесса уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками / Д. Н. Клебанюк, П. В. Шведовский, П. С. Пойта // Геотехника Беларуси : наука и практика : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 23–25 октября 2013 г. : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 109–121.
106. Пойта, П. С. Особенности выбора оптимальной схемы размещения точек уплотнения тяжелыми трамбовками / П. С. Пойта, Д. Н. Клебанюк, П. В. Шведовский // Геотехника Беларуси: наука и практика : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 23–25 октября 2013 г. : в 2 ч. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 241–250.
107. Расчет надежности металлических структурных конструкции системы «БрГТУ» / В. И. Драган [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2013. – № 8. – С. 37–46.
108. Оценивание надежности конструкций системы «БрГТУ» на стадии проектирования методом прямого расчета вероятности отказа / В. И. Драган [и др.] // Вестник БрГТУ : Строительство и архитектура. – 2013. – № 1(79). – С. 43–49.
109. Драган, В. И. Расчет трещиностойкости и прочности стальных в направлении толщины проката в соответствии с требованиями ТКП EN 1993-1-10 / В. И. Драган, А. В. Драган // Вестник БрГТУ : Строительство и архитектура. – 2013. – № 1(79). – С. 50–59.
110. Драган, В. И. Реконструкция висячего пешеходного моста через реку Буг в районе пограничного знака № 1265 в г. Бресте / В. И. Драган, А. Б. Шурин, Н. Н. Шалобыта // Вестник БрГТУ : Строительство и архитектура. – 2013. – № 1(79). – С. 113–116.
111. Драган, В. И. Особенности расчета и проектирования стальных конструкций в направлении толщины проката в соответствии с требованиями ТКП EN 1993-1-140 / В. И. Драган, А. В. Драган // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов европейского союза в области строительства : сб. науч.-техн. статей : в 2 т. – Минск : БНТУ, 2013. – Ч. 1. – С. 48–72.
112. Павлова, И. П. Параметрические исследования жесткостных характеристик тяжелого бетона с использованием структурной модели // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. – 2013.
113. Концепция экспертной системы поддержки принятия решений в рамках СМК / П. С. Серенков [и др.] // Методы менеджмента качества. – 2013. – № 4. – С. 22–29.
114. Анализ источников неопределенностей экспертных оценок при принятии решений в рамках СМК / П. С. Серенков [и др.] // Методы менеджмента качества. – 2013. – № 5. – С. 8–14.
115. Комплексный подход к идентификации и шкалированию факторного пространства / П. С. Серенков [и др.] // Методы менеджмента качества. – 2013. – № 6. – С. 30–37.
116. Применение теории полезности для формирования ядра экспертной системы / П. С. Серенков [и др.] // Методы менеджмента качества. – 2013. – № 7. – С. 12–18.
117. Метрологическое обеспечение измерения коэффициента теплопроводности / П. С. Серенков [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2013. – №1 (6). – С. 108–113.
118. Серенков, П.С. Образование – стратегический ресурс развития международной стандартизации / П. С. Серенков // Стандартизация. – 2013. – № 5. – С. 21–24
119. Методы изготовления элементов силового набора из композиционных материалов / Ю. В. Василевич [и др.] // Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб-2013) : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 24–27 июля 2013 г. – Гомель, 2013.
120. Василевич, Ю. В. О взаимосвязи ударной вязкости стали с деформационным теплообразованием в надрезе / Ю. В. Василевич, А. Е. Мойсейчик, Е. А. Мойсейчик // Машиностроение : Республ. межвед. сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 27. – С. 168–172.
121. Коэффициенты внутреннего трения для тканей гладкого переплетения / Ю. В. Василевич [и др.] // Машиностроение : Республ. межвед. сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 27. – С. 157–162.



122. Оценка податливости препрегов при сжатии / Ю. В. Василевич [и др.] // *Машиностроение : Республ. межвед. сб. науч. тр.* – 2013. – Вып. 27. – С. 162–168.
123. Василевич, Ю. В. Зависимость силы внутреннего трения от технологических параметров при переработке препрегов / Ю. В. Василевич, С. В. Сахоненко, К. А. Горелый // *Механика-2013 : материалы VI Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике, 23–25 октября 2013 г. / Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси.* – Минск, 2013.
124. Василевич, Ю. В. Основные свойства препрегов и их использование при изготовлении изделий из композиционных материалов / Ю. В. Василевич, С. В. Сахоненко, Е. В. Малютин // *Механика-2013 : материалы VI Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике, 23–25 октября 2013 г. / Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси.* – Минск, 2013.
125. Хотянович, О. Е. Флюат на основе гексафторсиликата цинка для повышения долговечности бетона / О. Е. Хотянович // *Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : тез. докл. X Междунар. науч.-техн. конф., г. Гродно, 15–16 октября 2013 г. / Национальная академия наук Беларуси, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы.* – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2013. – С. 111–113.
126. Хотянович, О. Е. Исследование процесса получения гексафторсиликата цинка из техногенного сырья / О. Е. Хотянович // *Молодежь в науке-2013 : материалы Междунар. науч. конф., г. Минск, 19–22 ноября 2013 г. / Национальная академия наук Беларуси, совет молодых ученых НАН Беларуси.* – Минск, 2013. – С. 791–792.
127. Хотянович, О. Е. Разработка пропиточного состава на основе гексафторсиликата цинка для бетона / О. Е. Хотянович // *Научные стремления-2013 : материалы IV Междунар. науч.-практ. молодежной конф., г. Минск, 03–06 декабря 2013 г. / Минский городской исполнительный комитет, Минский городской технопарк, Центр молодежных инноваций.* – Минск : УП «Энциклопедикс», 2013. – С. 378–382.
128. Матвейко, Н. П. Формирование антикоррозионных композиций на стали с улучшенной адгезионной способностью к бетону / Н. П. Матвейко, В. Г. Зарапин, Е. А. Бусел // *Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Витебск, 27–28 ноября 2013 г. : в 2 ч.* – Витебск : БГТУ, 2013. – Ч. II. – С. 388–390.
129. Гайшун, В. Е. Пеносиликатные и пеностеклокерамические теплоизоляционные материалы, получаемые на основе природного микрокремнезема / В. Е. Гайшун, Б. В. Плющ, М. Н. Капшай // *Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины.* – 2013. – № 6(81). – С. 173–177.

### **Научные статьи и доклады, изданные за рубежом**

1. Левицкий, И. А. Повышение механической прочности керамических плиток для внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, А. И. Позняк, С. Е. Баранцева // *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. навук.* – 2013. – № 2. – С. 97–102.
2. Levitskii, I. A. Researches in the field of producing ceramic tiles of lower material capacity for interior wall facing / I. A. Levitskii, S. E. Baranceva, A. I. Pozniak // *Engineering Structures and Technologies.* – 2013. – No 5(1). – P. 1–10.
3. Levitskii, I. A. Effects of the basaltic tuff additions on the properties, structure and phase composition of the ceramic tiles for interior wall facing / I. A. Levitskii, A. I. Pozniak, S. E. Baranceva // *Procedia Engineering.* – 2013. – Vol. 57. – P. 707–713.
4. Позняк, А. И. Исследования в области получения керамических плиток сниженной материалоемкости / А. И. Позняк // *Технологія-2013 : матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., Сєверодонецьк, 26–27 квітня 2013 р. : у 2 ч. / Технол. ін-т Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля ; редкол. : М. А. Глікін [і інш.].* – Сєверодонецьк, 2013. – Ч. 1. – С. 172–175.
5. Poznyak, A. Ceramic tiles of reduced thickness for interior wall facing / A. Poznyak, I. Levitskii // *Проблеми корозійно-механічного руйнування, інженерія поверхні, діагностичні*

системы : матеріали конф. КМН-2013, Львів, 2013 г. / Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України ; рздкал. : З. Г. Назарчук. – Львів, 2013. – С. 296–299.

6. Позняк, А. И. Влияние гранулометрического состава пресс-порошка на прочность керамических плиток для внутренней облицовки стен / А. И. Позняк // Грани науки-2013 [Электронный ресурс] : сб. тезисов II Всероссийской интернет-конф. – Электрон. текстовые данные (21,2 Мб). – Казань : СМУиС, 2012. – 1 электрон. опт. диск. – 12 с.

7. Солодка, И. В. Исследование реологических свойств шликеров для санитарных керамических изделий при введении различных добавок электролитов / И. В. Солодка, И. В. Пищ // Технология-2013 : материалы XVI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых : в 2 ч., Северодонецк, 26–27 апреля 2013 г. – Северодонецк, 2013. – Ч. 1. – С. 152–154.

8. Негорючие пористые пеносиликатные материалы на основе природного микрокремнезема для теплоизоляции зданий и сооружений / В. Е. Гайшун [и др.] // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций : сб. материалов Междунар. конф. молодых ученых, Минск, 28–29 ноября 2013 г. – Минск : УП «Промбытсервис», 2013. – С. 30–32.

9. Технологический контроль влажности калийных удобрений / В. Г. Белкин [и др.] // Актуальные инженерные проблемы химических и нефтехимических производств : материалы Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 50-летию Нижнекамского химико-технологического института. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт, 2013. – С. 154–156.

10. Microwave sensors for measuring solid phase concentration in aqueous-cellulose suspensions for paper industry / A. Ch. Belyachits [et al.] // Proceedings of the 10th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances ISEMA-2013 / ed. by Klaus Kupfer and Norman Wagner. – Weimar (Germany) : MFPA, 2013. – P. 332–339.

11. Serdyuk, V. M. Diffraction of a Plane Inhomogeneous Electromagnetic Wave by a Perfectly Conducting Half-Plane in an Absorbing Medium / V. M. Serdyuk, J. A. Titovitsky // American Journal of Electromagnetics and Applications. – 2013. – Vol. 1, No 1. – P. 1–7.

12. Serdyuk, V. M. A rigorous theoretical model of guided waves excitation in a plane dielectric layer under electromagnetic diffraction by a conducting strip / V. M. Serdyuk, J. A. Titovitsky // Optics and Laser Technology. – 2013.

13. Finite element modeling of the cement matrix and filler grains interaction / A. O. Shimanovsky [et al.] // Technolog. – 2013. – Roc. 5. – No 4. – P. 171–174.

14. Шимановский, А. О. Концепция моделирования деформирования бетона с учетом внутренних контактных взаимодействий / А. О. Шимановский, О. И. Якубович, А. А. Васильев // Проблемы современного строительства : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : Пензенский гос. ун-т архитектуры и стр-ва, 2013. – С. 30–33.

15. Якубович, О. И. Моделирование композитной конструкции со сложным армированием / О. И. Якубович // Инновации в материаловедении : материалы Всерос. молодежной науч. конф. с междунар. участием, Москва, июнь 2013 г. – М. : Ин-т металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, 2013. – С. 315.

16. Васильев, А. А. Оценка состояния бетона / А. А. Васильев // Строительство и эксплуатация зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки : Междунар. науч.-техн. конф. / АННОО «Приволжский дом знаний» и УО «ИжГТУ им. М. Т. Калашникова». – Ижевск, 2013. – С. 42–48.

17. Васильев, А. А. Оценка эффективности вторичной защиты бетона составом «ГС Пенетрат» / А. А. Васильев // Проблемы современного строительства : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : Пензенский гос. ун-т архитектуры и стр-ва, 2013.

18. Шевченко, Д. Н. Обґрунтування доцільності застосування імовірнісних підходів, що до визначення щірки технічного стану БТОТ у сучасних умовах / Д. Н. Шевченко, Н. В. Черный, С. С. Степанов // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ : матеріали Междунар. науч.-техн. конф. – Львов : Академія сухопутних військ ім. Гетьмана П. Сагайдачного, 2013. – С. 65–66.

19. Two-component adhesive based on aqueous emulsion of ED-20 resin for carbon-fiber reinforcement of bearing concrete structures / E. V. Shinkareva [et al.] // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2013. – V. 86, No 7. – P. 1099–1107.

20. Шинкарева, Е. В. Двухупаковочная антикоррозионная грунтовка на основе водной эмульсии смолы ЭД-20 и сшивающего агента epilink 701 // Композиционные материалы в промышленности (СЛАВПОЛИКОМ) : 33-я Междунар. ежегодная конф. и блиц-выставка, 27–31 мая 2013 г. – Киев, 2013. – С. 194–197.

21. Шинкарева Е. В., Кошевар В. Д. Клей холодного отверждения на основе водной эмульсии смолы ЭД-20 для углеволоконного усиления несущих железобетонных конструкций / Е. В. Шинкарева, В. Д. Кошевар // Композиционные материалы в промышленности (СЛАВПОЛИКОМ) : 33-я Междунар. ежегодная конф. и блиц-выставка, 27–31 мая 2013 г. – Киев, 2013. – С. 197–200.

22. Прасол, А. В. Железобетон в условиях хлоридной коррозии: деформирование и разрушение / А. В. Прасол, С. Н. Леонович // Строительные материалы. – 2013. – № 5. – С. 94–95.

23. Снежков, Д. Ю. Применение ультразвукового импульсного метода для контроля неоднородности бетона / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович // Механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов : материалы 7-й Междунар. науч. конф., Воронеж, октябрь 2013 г. : в 2 т. – Воронеж : ВГАСУ, 2013. – Т. 2. – С 75–83.

24. Леонович, С. Н. Железобетон в условиях хлоридной коррозии: деформирование и разрушение / С. Н. Леонович, А. В. Прасол // Строительные материалы. – 2013. – № 5(701). – С. 94–96.

25. Леонович, С. Н. Прочность и жесткость бетонных элементов, усиленных углеродными волокнистыми лентами / С. Н. Леонович, Н. Л. Полейко // материалы Научной конф. ВИТУ, 21 марта 2013 г. – СПб., 2013.

26. Восстановление эксплуатационных свойств дефектного бетона, гидроизоляционной композицией проникающего действия «Кальматрон» / С. Н. Леонович [и др.] // материалы НТК ВИТУ, 21 марта 2013 г. – СПб., 2013. – С. 120–129.

## 2.4. Результаты выполнения заданий программы

По заданиям программы в 2013 г.

Установлено:

*новых научных закономерностей – 17:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02»: адгезионные свойства битумно-полимерной мастики достигают максимального значения при использовании в качестве полимерного модификатора – полистирола;

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

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» – закономерность изменения температуры начала спекания прозрачных глазурных покрытий различного химического состава;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» – закономерность регулирования реологических свойств литевых шликеров и глазурных суспензий;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» – закономерность изменения физико-технических характеристик керамических огнеупорных материалов и их фазового состава от температуры обжига и содержания каолинов месторождения «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» – закономерность изменения физико-технических свойств термостойкой кордиеритсодержащей керамики, ее струк-

туры и фазового состава от температуры обжига, содержания каолинов и способа обогащения применяемого каолинового сырья;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 18» – закономерность изменения скорости распространения ультразвукового импульса в бетоне от базы прозвучивания и водоцементного отношения бетонной смеси;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» получены аналитические выражения для расчетов потерь давления при различных гидравлических режимах, геометрических характеристик венткоммуникаций, скорости движения воздуха;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» определена закономерность того, что диффузионная устойчивость помещений увеличивается, когда площади жилого сечения, герметичности оконных проемов, дверных проемов входных дверей, кухонь, ванных комнат, жилых комнат равны или больше площадей сечений жалюзийных решеток кухонных, ванных комнат и санузлов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» определено, что действительное парциальное давление водяного пара в диффузионном пограничном слое (у внутренних поверхностях ограждающих отапливаемых конструкций) в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха характеризуется квадратическими кривыми;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 31» – закономерность формирования однородного грунтового массива при циклическом уплотнении контактного давления на основание, уплотняемое тяжелыми трамбовками;

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

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 34» – закономерность образования перколяционного кластера пористости транзитных зон (ITZ) как меры проницаемости бетонного композита при изменении транзитного числа  $N^*$ ;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 35» – закономерность снижения параметров расширения в зависимости от роста перколированных транзитных зон;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» – закономерность наступления предельного состояния и кинетики зарождения и развития трещин в зоне локализации деформаций в пластических металлических строительных материалах обусловлена выявленными полосами сдвига, являющимися источником теплообразования;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 44» – влияние степени уплотнения грунта засыпки в пазухах траншеи на значения максимальных изгибающих моментов в стенке трубы от действия внешних нагрузок;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 44» – образование зон дополнительного уплотнения в грунте засыпки при депланации кольцевого сечения трубы от действия внешних нагрузок;

*новых научных зависимостей – 27:*

❖ 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 02» – зависимость физико-механических свойств битума от содержания в нем отработанного адсорбента при масложиловом производстве;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 04» – зависимость предела прочности при сжатии ячеистого бетона от состава и содержания минеральных добавок;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» – зависимость температуры спекания глазури при формировании прозрачного покрытия от соотношения  $Al_2O_3/ZnO$ ;

- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» – зависимость температуры спекания глазури при формировании матового покрытия от соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})/\text{SiO}_2$  и  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» – зависимость изменения реологических свойств (плотности, вязкости и агрегативной устойчивости) шликеров и глазурных суспензий от содержания и вида добавок 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 07» – зависимость степени декарбонизации доломита от температурно-временных параметров его обжига в стационарном режиме;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» – зависимость кинетики процесса твердения магнезиального цемента от вида применяемого затворителя;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 07» – зависимость свойств магнезиального цемента от вида применяемого затворителя;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» – зависимость изменения содержания примесных оксидов (оксидов железа и титана) от типа и концентрации применяемых при обогащении кислот, а также используемых для этих целей добавок;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14» – зависимость напряжений в арматуре от когезии между арматурой и матрицей;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 18» – зависимость затухания импульса продольной ультразвуковой волны в стержне арматуры от ее диаметра и расстояния распространения;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – зависимость диффузионной устойчивости жилых помещений от функционирования вентиляционных каналов, шахт, аэродинамических потерь, участков от поверхностей наружных ограждений до жалюзийных решеток различных помещений;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – зависимость отношений амплитуды колебаний диффузионных потоков водяного пара к амплитудам колебаний давлений у более нагретых поверхностей от коэффициентов массоусвоения (пара) у более нагретых поверхностей;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – зависимость затухания диффузионных волн от ветровой нагрузки и гравитационного и парциального давления;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 30» – зависимость температур внутренних поверхностей, воздуха внутри пневмоопорной конструкции, относительной влажности от увеличения расстояния от поверхности пола;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 31» – зависимость конструктивно-технологических параметров процесса уплотнения оснований тяжелыми трамбовками и энергетических затрат;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 31» – зависимость диаметра трамбовки от формы ее подошвы;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 31» – зависимость поциклического увеличения контактного давления на уплотняемое грунтовое основание и схемы размещения точек уплотнения с энергетическими затратами при уплотнении грунтов тяжелыми трамбовками;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 35» – зависимость развития деформаций расширения бетона от плотности упаковки заполнителя и энергии расширения цемента;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» – зависимость реологических свойств вермикулита до и после термовспучивания от физических свойств частиц;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» – зависимость выхода годной фракции (5–10 мкм) от технологических параметров измельчения сырья;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 39» установлено, что зависимость от параметра, соответствующего учету третьего члена в разложении для диаграммы материала, для двухсолитонного решения, описывающего флуктуации напряженного состояния относительно однородного состояния, носит слабо выраженный характер;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» установлено, что величина экспериментально определяемой ударной вязкости стали зависит не только от ее механических характеристик, но и теплофизических свойств материала;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 42» – зависимость выхода крупнокристаллического гексагидрата гексафторсиликата цинка от основных технологических параметров синтеза.

Создано:

*новых методов и методик исследований – 11:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 24» – метод определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 24» – метод определения теплофизических характеристик ограждающих конструкций;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» – метод термокомпенсации с включением *p-n*-перехода в цепь питания моста, осуществляемый путем включения в состав тензорезисторного моста дополнительных термочувствительных, расположенных непосредственно в зоне деформации элементов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» – метод термокомпенсации с включением дополнительных терморезисторов в плечи тензометрического моста, позволяющий снизить температурную составляющую погрешности до уровня 0,05 % / 10 °С;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 30» – методика определения потерь теплоты через оболочки пневмоопорных конструкций при известных геометрических размерах, температурах наружного и воздуха в помещении, коэффициентах теплоотдачи у внутренних и внешних поверхностей оболочек;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 30» – методика, по которой рассчитываются температура, относительная влажность, влагосодержание, энтальпия воздуха в пневмоопорных пространствах в зависимости от массы потока воздуха, его термодинамических характеристик, расчет которых может быть выполнен графически с использованием *h, d*-диаграммы;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» – методика динамического мониторинга напряженно-деформированного состояния структурных конструкций системы «БрГТУ»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 35» – методика расчета состава напрягающего бетона с учетом изменения параметров расширения во времени;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» – методика оценки предельного состояния элементов стальных и железобетонных конструкций, основанная на результатах термографии;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 45» – методика приготовления антикоррозионной композиции для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб, представляющей собой водный раствор фосфатных солей цинка, ортофосфорной кислоты, суспензии глины и жидкого стекла, усиливающей адгезию бетона к стали;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 45» – методика приготовления антикоррозионной композиции для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб, представляющей собой водно-графитную суспензию фосфатных солей цинка, ортофосфорной кислоты, лигносульфанатов, суспензии глины и жидкого стекла, усиливающей адгезию бетона к стали;

*макетов (приборов, устройств, систем, комплексов, материалов, препаратов и др.) – 1:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 42» создан материал – гексагидрат гексафторсиликат цинка;

*экспериментальных образцов (приборов, устройств, систем, комплексов, материалов, препаратов и др.) – 12:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» – прозрачное глазурное покрытие керамической плитки для внутренней облицовки стен с повышенными показателями температуры спекания;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» – матовое глазурное покрытие керамической плитки для внутренней облицовки стен с повышенными показателями температуры спекания;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» – комплексный стабилизатор для глазурных суспензий;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» – комплексная разжижающая добавка для керамических;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» – тугоплавкие и огнеупорные алюмосиликатные материалы, включающие каолины Республики Беларусь, для футеровки тепловых агрегатов;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» – термостойкие кордиерит-содержащие изделия на основе обогащенных каолинов Республики Беларусь, для термо- и электроизоляции печей;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 09» – экспериментальные образцы пористых силикатных материалов (пеностеклокерамических) на основе кремнеземов природного и техногенного происхождения;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» – стенд для метрологической аттестации тензометрических весоизмерительных датчиков;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» – автоматизированный испытательный стенд;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» – стенд прямого нагружения для испытаний тензометрических датчиков растяжения;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 26» – стенд для испытаний тензорезистивных датчиков путем длительного статического нагружения;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 42» – экспериментальный образец материала – гексагидрат гексафторсиликат цинка;

*лабораторных технологий – 6:*

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» – технологические параметры химического обогащения каолинового сырья;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» – технология изготовления керамических электроизоляторов с использованием в качестве основного сырьевого компонента каолина Республики Беларусь;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 08» – технология изготовления огнеупорных изделий на основе каолина «Ситница»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 12» – технология изготовления цветной тротуарной плитки с использованием неорганических отходов теплоэлектроцентралей и станций обезжелезивания;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 29» – комплексная лабораторная технология на базе модулей локальных технологий сварки и сварки-пайки («coldArc», «TIG», «MIG/MAG») тонколистового стального проката и проката из алюминиевых сплавов, адаптированных к производственным конструкциям и элементам систем вентиляции;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 42» – лабораторный технологический процесс получения гексагидрата гексафторсилката цинка из техногенного сырья.

## 2.5. Охранные документы на объекты

Получено охранных документов на объекты промышленной собственности по заданиям программы, всего – 11, из них:

– *патенты на изобретение* – 8:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» – патент № 16997 «Керамическая масса для изготовления плиток внутренней облицовки стен» от 30.04.2013 г. МПК7 C04 B 33/02;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» – патент № 17789 «Керамическая масса» МПК7 C04B 33/02;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» – патент Республики Беларусь на изобретение № 17561 С1 от 30.10.2013 г. «Комплексная разжижающая добавка для керамических масс», авторы: И. В. Пищ, Е. П. Шишаков, Ю. А. Климош;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 11» – патент Республики Беларусь на изобретение № 17158 от 30.06.2013 г. «Сырьевая смесь для изготовления силикатного гидрофобного теплоизоляционного материала»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» – патент Республики Беларусь на изобретение № 16766 от 28.02.2013 г. «Способ получения гидрофобного теплоизоляционного вспученного вермикулита»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 24» – патент Республики Беларусь на изобретение № 17278 от 27.03.2013 г. «Устройство для определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций»;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 36» – патент Республики Беларусь «Экспертная система повышения результативности процессов», № В-0093-01–2013 от 24.01.2013 г.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 38» – патент Республики Беларусь на изобретение № 16766 «Способ получения гидрофобного вспученного вермикулита» МПКС 04В 14/20, С 04В 41/48 авторы: Г. Л. Щукин, А. Л. Беланович, С. А. Карпушенков, В. П. Савенко, В. И. Кузнецов;

– *патенты на полезные модели* – 3:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» – патент Республики Беларусь на полезную модель № 8744 «Пространственный каркас», дата подачи 07.05.2012 г., дата опубликования 30.12.2012 г., авторы: В. И. Драган, В. Н. Пчелин, В. И. Юськович, О. С. Семенюк;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» – патент Республики Беларусь на полезную модель № 9329 «Узел соединения пространственного каркаса из полых стержней», дата подачи 03.01.2013 г., дата опубликования 30.06.2013 г., авторы: В. И. Драган, П. П. Ивасюк, В. Н. Пчелин, С. А. Бабич;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» – патент Республики Беларусь на полезную модель № 9330 «Узел соединения пространственного каркаса из полых стержней», дата подачи 03.01.2013 г., дата опубликования 30.06.2013 г., авторы: В. И. Драган, В. Н. Пчелин, В. И. Юськович, П. П. Ивасюк, Т. В. Пчелина.

Подано заявок на охранные документы промышленной собственности по заданиям программы, всего – 6,

в том числе:

– *патенты на изобретение* – 6:



- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 02» – патент Республики Беларусь на изобретение № 16826 С1 от 28.02.2013 г. «Битумный лак», авторы: В. М. Шаповалов, И. И. Злотников, Л. Н. Бакланенко, В. П. Дубодел;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» подана заявка № а 20130087 от 24.01.2013 г. на изобретение «Керамическая масса», заявители УО «Белорусский государственный технологический университет»; ОАО «Березастройматериалы»;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» подана заявка № а 20130785 от 26.06.2013 г. на изобретение «Керамическая масса», заявители УО «Белорусский государственный технологический университет»; ОАО «Березастройматериалы»;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 06» – заявка на патент Республики Беларусь на изобретение № а 212005 от 03.01.2012 г. «Комплексная разжижающая добавка для керамических масс», авторы: И.В. Пищ, Е. П. Шишаков, Ю. А. Климош;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 12» – заявка на патент Республики Беларусь на изобретение № а 20130766 от 17.06.2013 г. «Керамическая масса для производства строительного кирпича», авторы: А. П. Платонов, А. А. Трутнёв, С. Г. Ковчур, А. С. Ковчур, П. И. Манак;
- ❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 24» – «Многослойная стеновая панель», авторы: Б. М. Хрусталева, В. Д. Сизов, Л. В. Нестеров, заявление № 20130830 от 08.07.2013 г.

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

Количество хозяйственных договоров (контрактов, соглашений), выполняемых в отчетном периоде по результатам, полученным в рамках заданий программы, всего – 29 с объемом – 781,37 млн руб.,

в том числе:

– на проведение НИР, ОКР и ОТР (для зарегистрированных в установленном порядке работ) – 2, с объемом 70,0 млн. руб.:

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» методика определения химического состава неорганических отходов станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей использовалась при выполнении х/д № 229 от 01.04.2013 г. между Витебским государственным технологическим университетом и коммунальным производственным унитарным предприятием «Обольский керамический завод» по теме «Изготовление кирпича керамического с использованием промышленных отходов», объём хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 30,0 млн руб.;

❖ разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 45» составы антикоррозионных композиций для защиты арматуры, закладных деталей железобетонных конструкций и металлических труб, усиливающие адгезию бетона к стали, использованы при выполнении х/д № 1-33/2011 Б в соответствии с дополнительным соглашением № 3 от 03.01.2013 г. указанного договора 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», объём хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 40,0 млн руб.;

– договоров по выпуску вновь освоенной продукции, разработанной организацией-исполнителем задания программы – 1, с объемом 12,76 млн руб.:

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 08» и модифицированная керамическая масса для получения технической керамики использована при выполнении х/д № 13-051 от 28.02.2013 г. между ООО «Инженерный центр «АМТинжиниринг»» и УО «Белорусский государственный технологический университет» Министерства

образования Республики Беларусь по теме «Подбор режимов и изготовление опытной партии электроизоляторов с использованием каолинов Республики Беларусь по энергосберегающей технологии», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований – 12,76 млн руб.;

– договоров на проведение работ в сфере научного обслуживания, сертификационных и других испытаний продукции – 12, с объемом 167,11 млн руб.:

❖ результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 24» использованы при выполнении х/д № 7411/12с от 27.12.2012 г. между Белорусским национальным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и ИООО «Лукойл Беларусь» по теме «Исследование несоответствия нормативным требованиям теплотехнических качеств ограждающих конструкций, систем теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха, микроклимата помещений ИООО «Лукойл Беларусь» и разработка рекомендаций по их устранению», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 35,5 млн руб.;

❖ результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 24» использованы при выполнении х/д № 1272/13с от 13.03.2013 г. между Белорусским национальным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и ПРУП «Белпромпроект» Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь на тему « Исследования термического сопротивления ограждающих конструкций зон повышенной инфильтрации наружного воздуха и разработка рекомендаций по приведению данных параметров к нормативным по адресу: г. Минск, пл. Свободы, 17», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 19,1 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении х/д № 13/07 от 13.01.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»» по теме «Оказать научно-технические услуги по определению технического состояния строительных конструкций четырех 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 промышленных дождевых стоков предприятий РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 85,372 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении х/д № 13/22 от 20.03.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и УП «Пружанская ПМК-21» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление бетонов и растворов для УП «Пружанская ПМК-21»», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 5,898 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении х/д № 13/43 от 20.05.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и филиалом «ПМК-12» ОАО «Полесьежилстрой» по теме «Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление керамзитобетона на керамзите щебнеподобном для филиала «ПМК № 12» ОАО «Полесьежилстрой»», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 1,804 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении

х/д № 13/39 от 20.05.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и ЧСУП «Ремсантехстрой» по теме "Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление растворов и бетонов для ЧСУП «Ремсантехстрой»", объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 1,203 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении х/д № 13/46 от 20.05.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и УП «Ивановская ДСПМК-30» по теме "Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление латексноцементного раствора М150, керамзитобетона В5 и смесей ЩГП-С5, ЩГП-С6 для УП «Ивановская ДСПМК-30»", объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 1,096 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов используется при выполнении х/д № 13/52 от 20.05.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и УП «Ивановская ПМК-12» по теме "Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление растворов для УП «ПМК-12»", объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 0,902 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении х/д № 13/59 от 20.06.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и ЧСУП «Ремсантехстрой» по теме "Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление растворов и бетонов для ЧСУП «Ремсантехстрой»", объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 1,833 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика проектирования составов высококачественных бетонов используется при выполнении х/д № 13/72 от 18.07.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и СООО «ПП Полесье» по теме "Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление бетонов на крупном заполнителе фракции 16/31,5 для СООО «ПП Полесье»", объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 4,596 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении х/д № 13/74 от 18.07.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и УП «Брестская ПМК-6» по теме "Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление растворов и бетонов для УП «Брестская ПМК-6»", объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 5,516 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 35» методика прогнозирования характеристик тяжелых бетонов была использована при выполнении х/д № 13/76 от 18.07.2013 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и филиалом «Строительный участок № 1» ОАО «Кобринский ССК» по теме "Подбор производственно-технических норм расхода материалов на приготовление растворов и бетонов для филиала «Строительный участок № 1» ОАО «Кобринский ССК»", объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 4,290 млн. руб.;

– прочие (научные и инженерные услуги) – 11, с объемом 531,5 млн руб.:

❖ результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» были использованы при выполнении х/д № 8233 от 14.03.2013 г. между Белорусским государственным университетом транспорта и КУП «Гомельское областное УКС» по теме «Общее (с элементами детального) обследование строительных конструкций объекта «Реконструкция лечебно-диагностического центра областной больницы по ул. Бр. Лизюковых в г. Гомеле под общежитие квартирного типа со встроенными помещениями», объем хоздоговора, выполненный с использованием методики, – 16,0 млн руб.;

❖ результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» был использован при выполнении х/д № 190/8454 от 01.07.2013 г. между Белорусским государственным университетом транспорта и ЧПУП «Гомельвторчермет» по теме «Обследование строительных конструкций здания производственного цеха, расположенного по адресу г. Гомель, ул. Пригородная, 2», объем хоздоговора, выполненный с использованием методики, – 4,0 млн руб.;

❖ результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» были использованы при выполнении х/д № 8514 от 01.08.2013 г. между Белорусским государственным университетом транспорта и ООО «Никова» по теме «Общее обследование строительных конструкций по объекту "Капитальный ремонт склада базы оборудования, инв. № 163 цеха № 17 ОАО «Мозырский НПЗ»", объем хоздоговора, выполненный с использованием методики, – 12,0 млн руб.;

❖ результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 24» был использован при выполнении х/д № 1272/13с от 13.03.2013 г. между Белорусским национальным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и ПРУП «Белпромпроект» Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь на тему «Исследования термического сопротивления ограждающих конструкций зон повышенной инфильтрации наружного воздуха и разработка рекомендаций по приведению данных параметров к нормативным по адресу г. Минск, пл. Свободы, 17», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 19,1 млн руб.;

❖ разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» методики измерения метрологических характеристик тензометрических датчиков изгибного типа и растяжения/сжатия и алгоритмические способы компенсации динамических погрешностей дозаторов используются при выполнении работ по х/д № 3385/13с от 11.06.2013 г. между Научно-исследовательской частью Белорусского национального технического университета и ОАО «ДСУ-1, г. Рогачев» по теме «Доработка алгоритма управления и наладка дозатора целлюлозы» – 7,3 млн руб.; х/д № 5530/13с от 22.10.2012 г. между Научно-исследовательской частью Белорусского национального технического университета и БУКПП «Комбинат железобетонных изделий» (г. Бобруйск) по теме «Техническое обслуживание системы управления дозаторного отделения РБУ» – 4,7 млн руб.; х/д № 5484/13с между Научно-исследовательской частью Белорусского национального технического университета и РУП «Новые оптоэлектронные технологии» по теме «Разработка алгоритма работы, доработка весоизмерительных систем и программного обеспечения, сборка и юстировка дозаторов» – 14,4 млн руб., объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследования, – 26,4 млн руб.;

❖ разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» методики оценки погрешности весовых дозаторов дискретного действия, а также алгоритмы управления дозаторами используются при выполнении работ по х/д № 37/13 от 30.08.13 г. между РУП «Новые оптоэлектронные технологии» и ГУКДП «Межрайонный домостроительный комбинат» по теме «Разработка, изготовление и внедрение управляющего оборудования РБУ», х/д № 39/13 от 17.10.13 г. между РУП «Новые оптоэлектронные технологии» и ООО «Бессер-Бел» по теме «Разработка, изготовление и внедрение дозаторного и управляющего оборудования системы дозирования для приготовления бетонной смеси», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследования, – 46,3 млн руб.;

❖ результаты исследований в рамках задания «Строительные материалы и технологии 29» использованы при выполнении по х/д № 837/13с от 18.02.2013 г. между Научно-исследовательской частью Белорусского национального технического университета и ОАО «МАПИД» Министерства архитектуры и строительства 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 инструкций (WPS) и отчетов (WPQR), экспертная оценка и аттестация технологии сварки в соответствии с СТБ ИСО 15614-1-2009», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 18,3 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурная конструкция системы «БрГТУ» использована при выполнении х/д № 13/44 от 20.05.2013 г. между УО «Брестский государственный технический университет» и ГУ «Центр культуры г. Витебска» по теме «Проведение технического обследования металлоконструкций арочного покрытия филиала «Летний амфитеатр» по адресу г. Витебск, пр. Фрунзе, 13А», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 26,0 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурная конструкция системы «БрГТУ» использована при выполнении х/д № 13/98 от 06.11.2013 г. между УО «Брестский государственный технический университет» и ОАО «Институт «Минск-гражданпроект»» по теме «Культурно-оздоровительный центр с гостиницей в р-не ул. Нововиленской и Канатного переулка в г. Минске. Корректировка ПД стадии КМ атриума в осях 14-15/В-И с целью устройства над ним обзорной площадки», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 89,7 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурная конструкция системы «БрГТУ» использована при выполнении х/д № 09/100 от 14.09.2009 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и ОАО «Брестмаш» по объекту «Культурно-оздоровительный центр с гостиницей в районе ул. Нововиленской и Канатного переулка в г. Минске», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований в 2013 г. – 210,0 млн руб.;

❖ разработанная в рамках задания «Строительные материалы и технологии 32» структурная конструкция системы «БрГТУ» использована при выполнении х/д № 13/15 от 18.12.2012 г. между Брестским государственным техническим университетом Министерства образования Республики Беларусь и ОАО «Брестпроект» по объекту «Дворец водных видов спорта с гостиницей для отдыха и проживания спортсменов на 120–140 мест на земельном участке площадью 3,5 га по ул. Жукова (за костелом прихода Фатимской Божьей Матери, земли Барановичского района) в г. Барановичи», объем хоздоговора, выполненный с использованием результатов исследований, – 63,69 млн руб.

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

Сведения о полученном экономическом эффекте от внедрения разработки, созданной с использованием научных результатов, полученных при выполнении задания программы за отчетный период, всего – 2, на сумму 168,253 млн руб.:

❖ получен экономический эффект от внедрения энергосберегающей технологии по заданию «Строительные материалы и технологии 08», электроизоляторы для индукционных установок, полученные с использованием каолинов Республики Беларусь (акт внедрения результатов научно-исследовательской работы, х/д № 13-051 от 28.02.2013 г. от 15 июля 2013 г.), экономический эффект составил 18,253 млн руб.;

❖ по заявке СООО «ППП Полесье» оптимизированы составы бетонов и растворов с учетом специфики применения местных заполнителей по заданию «Строительные материалы и технологии 35», экономический эффект за счет оптимизации составил 150 млн руб.

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:

❖ экологический и социальный эффект от внедрения основных научных результатов задания «Строительные материалы и технологии 41» заключается в использовании при пожаротушении термографов для измерения температурных полей несущих элементов зданий, подверженных высокой температуре и силовой нагрузке, с целью определения предельного состояния объектов по прочности и предотвращения гибели пожарных. Кроме того, внедрение бесшпального виброизолированного железнодорожного пути Минского метрополитена обеспечит соблюдение санитарных норм по шуму и вибрации в зданиях и сооружениях, расположенных в технической зоне метрополитена мелкого заложения.

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

из них:

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

## **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 с указанием полного наименования и сроков реализации программ, проектов**

❖ По заданию «Строительные материалы и технологии 04» результат влияния сульфатомоноферритных добавок на формирования состава и структуры продуктов твердения ячеистого бетона автоклавного твердения по заданию «Строительные материалы и технологии 04» может быть использован при выполнении задания «Разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии автоклавного ячеистого бетона с использованием очищенного от металлических включений электросталеплавильного шлака ОАО "БМЗ – Управляющая компания холдинга «БМК»" Государственной программы освоения в производстве новых и высоких технологий на 2011–2015 гг.».

❖ Результаты исследований по разработке пористых силикатных материалов задания «Строительные материалы и технологии 09» были использованы при подаче совместного проекта «Разработка вспененных силикатных и стеклокерамических теплоизоляционных материалов на основе диоксида кремния сельскохозяйственной природы» в рамках ГКНТ Республики Беларусь с РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья РК» (Республика Казахстан) (планируемый срок реализации проекта 01.01.2014 г.– 31.12.2015 г.).

❖ По заданию «Строительные материалы и технологии 12» методику исследования химического состава неорганических отходов станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей планируется использовать при проведении НИР «Разработка научных основ ресурсосберегающей, импортозамещающей технологии изготовления кирпича керамического с использованием промышленных отходов» по ГПНИ «Строительные материалы и технологии» на 2014–2015 гг. Планируется исследовать влияние на процессы структурообразования при изготовлении керамического кирпича содержания в исходном сырье железосодержащих отходов.

❖ Результаты исследований по заданию будут использованы при реализации проекта задания «Автоматизированный мобильный технологический комплекс для сварки строи-

тельных металлоконструкций на базе энергоэффективного инверторного оборудования» Государственной программы научных исследований «Строительные материалы и технологии» 2014–2015 гг.

❖ Результаты исследований задания «Строительные материалы и технологии 30» были использованы при подаче проекта «Тепло- и массообмен в ограниченных элементах строительных конструкций с различными средами». Сроки: 2014–2015 гг. Государственной программы «Строительные материалы и технологии».

❖ Разработанная по заданию «Строительные материалы и технологии 41» теория исследования предельного состояния материалов элементов строительных конструкций использована при оценке прочностных и деформационных характеристик деталей нового узла скрепления рельса с бетонным основанием через эластичные опоры в бесшпальной конструкции железнодорожного пути Минского метрополитена в рамках договора № 1398, выполнение которого включено в Инвестиционную программу г. Минска (утвержденную решением Минского городского Совета депутатов 24.11.2010 г. № 67).

## **2.8. Сведения о выполнении международных научно-исследовательских проектов, включая гранты физическим лицам, в развитие работ по заданию программы**

Выполняется контрактов (грантов) на создание научно-технической продукции (проведение НИОК(Т)Р)Р, оказание услуг, выпуск продукции) – 6.

❖ В рамках задания «Строительные материалы и технологии 02» – по договору Т11МС-010 от 15.04.2011 г. 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». Объем, выполненный с использованием результатов исследований за отчетный период, – 28,0 млн руб.

❖ В рамках задания «Строительство и архитектура 07» выполняется контракт № 12-082 от 03.05.2012 г. между УО «Белорусский государственный технологический университет» и ООО «ИнноТека», РФ, г. Москва. Объем, выполненный с использованием результатов исследований за отчетный период, – 550,0 млн руб.

❖ В рамках задания «Строительство и архитектура 24» выполняется контракт № 5306/11кд на выполнение НИР по теме «Технология и оборудование для оценки теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций зданий с использованием инфракрасной съемки с целью контроля энергозатрат» с Шаньдунским научным компьютерным центром. Объем, выполненный с использованием результатов исследований за отчетный период, – 25,0 тыс. USD.

❖ 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 г. между РУП «Новые оптоэлектронные технологии» и ОАО «Севкавдорстрой» (Россия) по теме «Разработка и изготовление дозаторов асфальтобетонного завода». Объем, выполненный с использованием результатов исследований за отчетный период, – 8,5 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 г. Объем, выполненный с использованием результатов исследований за отчетный период, – 18,75 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 г. между УО «БрГТУ» и ЗАО «Пространственные металлические конструкции», г. Москва,

Россия, по теме «Разработать рабочие 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 хозяйственного договора, выполненный с использованием результатов исследований, – 536 448 российских руб. (125,708104 млн бел. руб.)

- Суммарный объем по контрактам (грантам) за отчетный период – 756,05 млн руб.

## **2.9. Сведения о документально подтвержденных фактах заинтересованности результатами выполнения заданий программы**

❖ В проведении исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 06»: акт опытно-промышленных испытаний дефлокулянтов в условиях ЦЗЛ ОАО «Бережастройматериалы» от 11.03.2013 г.; акт опытно-промышленных испытаний дефлокулянта шликера в условиях лаборатории завода «Стройфарфор» от 22.05.2013 г.; справка о внебюджетном финансировании ОАО «Керамин» от 18.12.2013 г.

❖ В проведении исследований по заданию «Строительные материалы и технологии 08»: акт о выпуске опытной партии огнеупорных изделий с использованием каолина месторождения «Ситница» от 06.05.2013 г. (в условиях ГП «Институт НИИСМ»); акт производственных испытаний опытной партии огнеупорных изделий из керамических масс с использованием каолина месторождения «Ситница» (в условиях ОАО «Гомельстекло» октябрь 2013 г.); акт о практическом использовании в керамической промышленности результатов исследования, полученных при выполнении кандидатской диссертации (в условиях ОАО «Гомельстекло» октябрь 2013 г.); акт внедрения результатов научно-исследовательской работы на ООО «Инженерный центр «АМТ Инжиниринг»» (№ 1 от 15 июля 2013 г.); акт внедрения результатов в учебный процесс.

❖ Результатами выполнения задания «Строительные материалы и технологии 09» заинтересовано Открытое акционерное общество «Гомельский химический завод». Заключен договор № 3712-03–2013 от 09.07.2013 г. о научно-техническом сотрудничестве между УО «ГГУ им. Ф. Скорины» и открытым акционерным обществом «Гомельский химический завод».

❖ Результаты выполнения задания «Строительные материалы и технологии 27» внедрены ООО «Беллесавиа», г. Лида, «Методика расчета температурно-влажностных полей, подвижности воздуха».

❖ Результаты выполнения задания «Строительные материалы и технологии 27» внедрены БНТУ; ФГБОУ ВПО «МГСУ «Методика расчета аэродиффузионной устойчивости в ограниченных конструкциях и отопляемых помещениях».

❖ Результаты выполнения задания «Строительные материалы и технологии 27» внедрены ЗАО «СМУ № 7 г. Лида», «Методика расчета, обследования температурно-влажностных полей, подвижности воздуха».

❖ Результаты выполнения задания «Строительные материалы и технологии 27» внедрены ООО «Нордфуд», г. Санкт-Петербург. «Зависимость, которая связывает устойчивость ограждающих конструкций 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».

❖ Результаты выполнения задания «Строительные материалы и технологии 27» внедрены ООО «ПАРИТЕТ», г. Санкт-Петербург, «Методика расчета, обследования температурно-влажностных полей, подвижности воздуха».

❖ Результатами разработки по заданию «Строительные материалы и технологии 31» заинтересован ОАО «Стройтрест № 8» Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь.



## 2.10. Сведения за отчетный период о подготовке научных кадров в ходе выполнения задания программы

Из числа исполнителей задания программы:

– количество защищенных докторских диссертаций – 1:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – Акельев В. Д., диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Тепло- и массообмен в ограниченных пространствах строительных конструкций» по специальности 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», научный руководитель – д-р техн. наук, проф. Хрусталева Б. М.;

– количество защищенных кандидатских диссертаций – 1:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 05» – Позняк А. И., диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Ресурсосберегающая технология получения керамических плиток для внутренней облицовки стен» по специальности Д 02.08.02; научный руководитель – д-р техн. наук, проф. Левицкий И. А.;

– количество защищенных магистерских диссертаций – 5:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14» – Адарченко Е. О., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Исследование развития карбонизации во времени» по специальности 1-70 02 01 01 «Промышленное и гражданское строительство», научный руководитель – канд. техн. наук Васильев А. А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – Медведева-Липовка А. С., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Тепло- и массообмен в пневмоопорных объектах» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель – д-р техн. наук Акельев В. Д., декабрь 2013 г.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – Гидранович А. В., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Термодинамические и массообменные характеристики фильтрационных устройств в системах газоснабжения» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель – д-р техн. наук Акельев В. Д., июнь 2013 г.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – Могилевцев В. В., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Тепло- и массоперенос в системах газопроводов» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель – д-р техн. наук Акельев В. Д., июнь 2013 г.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» – Мойсейчик А. Е., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Расчетно-экспериментальные исследования деформационного теплообразования в элементах стальных конструкций с конструктивно-технологическими дефектами», специальность 1-38 80 06 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Василевич Ю. В.

Под руководством исполнителей задания:

– количество защищенных докторских диссертаций – 1:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – Акельев В. Д., диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Тепло- и массообмен в ограниченных пространствах строительных конструкций» по специальности 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», научный руководитель – д-р техн. наук, проф. Хрусталева Б. М.;

– количество защищенных кандидатских диссертаций – 2:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 32» – Шурин А. Б., диссертация на соискание ученой 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.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» – Горелый К. А., диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме «Моделирование напряженно-деформированного состояния торовых оболочек, изготавливаемых из гетерогенных полимерных материалов» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела», научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Василевич Ю. В.;

– количество защищенных магистерских диссертаций – 8:

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14» – Евтухова Е. В., диссертация на соискание ученой степени магистра технических наук по теме «Исследование зависимости состояния стальной арматуры от физико-химических характеристик бетона защитного слоя» по специальности 1-70 02 01 01 «Промышленное и гражданское строительство», научный руководитель – канд. техн. наук Васильев А. А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14» – Адарченко Е. О., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Исследование развития карбонизации во времени» по специальности 1-70 02 01 01 «Промышленное и гражданское строительство», научный руководитель – канд. техн. наук Васильев А. А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 14» – Альнажрс А., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Исследование степени гидратации цемента после тепловлажностной обработки» по специальности 1-70 02 01 01 «Промышленное и гражданское строительство», научный руководитель – канд. техн. наук Васильев А. А.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – Медведева-Липовка А. С., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Тепло- и массообмен в пневмоопорных объектах» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель – д-р техн. наук Акельев В. Д.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – Гидранович А. В., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Термодинамические и массообменные характеристики фильтрационных устройств в системах газоснабжения» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель – д-р техн. наук Акельев В. Д.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 27» – Могилевцев В. В., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Тепло- и массоперенос в системах газопроводов» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель – д-р техн. наук Акельев В. Д.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» – Томило Е. В., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Моделирование напряженно-деформированного состояния плоских упругих элементов автомобильной и сельскохозяйственной техники», специальность 1-38 80 06 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Василевич Ю. В.;

❖ по заданию «Строительные материалы и технологии 41» – Бенько А. В., диссертация на соискание степени магистра технических наук по теме «Разработка способов повышения долговечности функционирования аппаратов высокого давления и оценка их качества», специальность 1-38 80 06 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Василевич Ю. В.

## **2.11. Использование результатов выполнения заданий для совершенствования учебного процесса в высшей школе**

Результаты выполнения заданий программы использовались для совершенствования учебного процесса в высшей школе.

❖ Результаты задания «Строительные материалы и технологии 02» – подготовлено учебно-методическое пособие: Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование: учебно-методическое пособие / В. М. Шаповалов [и др.]. – Мозырь: МГПУ им. И. П. Шамякина, 2013. – 174 с.

❖ Результаты задания «Строительные материалы и технологии 04» внедрены в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре химической технологии вяжущих материалов в курсе лекций по дисциплине «Технология автоклавных материалов и изделий» (протокол заседания кафедры № 2 от 24 сентября 2013 г.).

❖ 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 08» включены в лекционные курсы «Технология тонкой и технической керамики» и «Технология огнеупоров и композиционных материалов» УО «Белорусский государственный технологический университет», а именно, новые данные о структурных особенностях каолинов Республики Беларусь и материалах, полученных на их основе.

❖ Результаты выполнения задания «Строительные материалы и технологии 09» использовались в лекционном и практическом курсах «Основы энергосбережения» в 2013 году УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

❖ Результаты выполнения задания «Строительные материалы и технологии 12» используются в учебном процессе при выполнении лабораторных работ на кафедре «Химия» Витебского государственного технологического университета.

❖ Метод получения продукта взаимодействия поливинилового спирта и щавелевой кислоты: акт внедрения результатов НИР «Строительные материалы и технологии 12» в учебный процесс по дисциплине «Химия неорганическая, органическая и высокомолекулярных соединений» от 18.11.2013 г.

❖ Исследование набухания поливинилоксалата: акт внедрения результатов НИР «Строительные материалы и технологии 12» в учебный процесс по дисциплине «Химия высокомолекулярных соединений» от 18.11.2013 г.

❖ Использование бромной воды и комплекса йода с поливиниловым спиртом в лабораторном практикуме: акт внедрения результатов НИР «Строительные материалы и технологии 12» в учебный процесс по дисциплине «Химия неорганическая и органическая» от 18.11.2013 г.

❖ Монография, изданная по результатам выполнения задания «Строительные материалы и технологии 36», приобретена библиотекой БНТУ и включена в перечень литературных источников в рабочие программы по дисциплинам «Техническое нормирование и стандартизация» и «Проектирование технических нормативных правовых актов» для специальности 1-54 01 01 «Метрология, стандартизация и сертификация».

❖ По результатам выполнения задания «Строительные материалы и технологии 41» основные научные результаты исследований по оценке предельного состояния материалов строительных конструкций, полученные на основе разработанных методов компьютерного термографирования, внедрены в 2013 г. в учебный процесс на кафедре сопротивления материалов Белорусского национального технического университета при чтении лекций по учебным дисциплинам «Механика материалов», «Прогнозирование ресурса технических систем», «Критерии работоспособности конструкций», а также при выполнении кандидатских и магистерских 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**

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 по заданию «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**

Получение (присуждение) 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 – 4:
  - ❖ в рамках задания «Строительные материалы и технологии» дипломные работы Почуйко С. В., Гук Е. В., Лященко Е. А. представлены на Республиканский конкурс студенческих работ и удостоены I и II категории;
  - ❖ в рамках задания «Строительные материалы и технологии 39» диплом лауреата за победу в конкурсе Белорусского национального технического университета «Лучшая монография 2013 года» получил М. А. Князев за работу «Солитоны в нелинейной упругопластической модели», Минск, БНТУ. 221 с.

## **2.14. Сведения об организации научно-практических мероприятий (совещаний, научных (научно-технических) конференций, семинаров, школ и др.) по проблемам, разрабатываемым в рамках заданий программы**

Исполнители заданий ГПНИ «Строительные материалы и технологии» в 2013 г. принимали участие в работе 54 конференций (семинарах, съездах, симпозиумах, конгрессах), из них исполнители заданий выступили с 54 докладами.

На мероприятиях (совещаниях, научных (научно-технических) конференциях, семинарах, школах и др.) по проблемам, разрабатываемым в рамках задания программы:

– в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» проведена Международная научно-техническая конференция «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития» 27–29 ноября 2013 г.:

*доклад* «Новое в технологии керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен» авторов Левицкого И. А., Баранцевой С. Е., Позняк А. И., Жука Н. В.;

*доклад* «Оптимизация составов прозрачного глазурного покрытия для плиток внутренней облицовки стен» авторов Левицкого И. А., Баранцевой С. Е., Позняк А. И., Ящук Е. В.;

- доклад* «Перспективы использования вендских базальтов и туфов в производстве силикатных строительных материалов» авторов Кузьменковой О. Ф., Баранцевой С. Е.
- Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология», Гомель, 24–27 июня 2013 г.:
    - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 02» «Битумно-полимерная композиция для получения светопоглощающего покрытия солнечного коллектора», докладчик И. И. Злотников.
    - Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса», Гомель, 17–18 октября 2013 г.:
      - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 02» «Модифицированные полимербитумные материалы для защиты бетонных и железобетонных конструкций», докладчик В. М. Шаповалов.
      - Международная научно-техническая конференция «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития», г. Минск, БГТУ, 27–29 ноября 2013 г.:
        - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 04» «Бесцементный автоклавный ячеистый бетон на основе сталеплавильных шлаков», докладчик Барановская Е. И.
        - Международная научная конференция «Молодежь в науке-2013», г. Минск, Национальная академия наук Беларуси, 19–22 ноября 2013 г.:
          - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 04» «Исследование процесса химической активации электросталеплавильного шлака в составе ячеистобетонных смесей», докладчик Барановская Е. И.
          - IV Международная научно-техническая конференция «Научные стремления-2013» г. Минск, Национальная академия наук Беларуси, 3–6 декабря 2013 г.
            - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 04» «Исследование продуктов твердения и структуры ячеистого бетона на основе электросталеплавильного шлака», докладчик Барановская Е. И.
            - 77-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, г. Минск, БГТУ, 4–9 февраля 2013 г.:
              - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «О возможности применения базальтовых туфов в качестве компонента керамических масс», докладчик Позняк А. И.
              - X Международная научно-техническая конференция «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии», г. Гродно, ГНУ «НИЦПР НАН Беларуси», 15–16 октября 2013 г.:
                - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Базальты и туфы Республики Беларусь – перспективное сырье для керамической промышленности», докладчик Позняк А. И.
                - VII конкурс проектов молодых ученых, г. Москва, РХТУ им. Д. И. Менделеева, 29 октября 2013 г.:
                  - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Керамические плитки сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен, полученные по технологии однократного обжига», докладчик Позняк А. И.
                  - Белорусско-Германский семинар «Энергоэффективность и ресурсосбережение», г. Минск, БНТУ, 3–5 июля, 2013 г.:
                    - доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Технологические тенденции ресурсосбережения при получении керамических плиток для внутренней облицовки стен», докладчик Баранцева С. Е.
                    - Белорусско-Латвийский форум «Наука, инновации, инвестиции», г. Минск, БНТУ, 25–27 сентября, 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Ресурсосбережение и энергоэффективность при получении плиток внутренней облицовки стен», докладчик Баранцева С. Е.

– Международная научно-практическая конференция с участием государств-участников СНГ «Технологические тенденции повышения промышленной экологической безопасности, охраны окружающей среды, рациональной и эффективной жизнедеятельности человека», г. Минск, ГУ «БелИСА», 15–16 мая 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Использование отходов производства для получения керамических материалов строительного назначения», докладчик Левицкий И. А.

– Международная научно-техническая конференция «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития», г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 27–29 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Новое в технологии керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен», докладчик Позняк А. И.

– Международная научно-техническая конференция «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития», г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 27–29 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Оптимизация составов прозрачного глазурного покрытия для плиток внутренней облицовки стен», докладчик Баранцева С. Е.

– Международная научно-техническая конференция «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития», г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 27–29 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Перспективы использования вендских базальтов и туфов Беларуси в производстве силикатных строительных материалов», докладчик Баранцева С. Е.

– Республиканский семинар «Новые строительные технологии и материалы», г. Минск, ГКНТ, 12 сентября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» «Особенности технологии получения плиток для внутренней облицовки стен сниженной материалоемкости», докладчик Позняк А. И.

– 77-я Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава и аспирантов, Минск: БГТУ, 4–9 февраля 2013 г.

– XVI Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Технология-2013», г. Северодонецк, 26–27 апреля 2013 г.

– X Международная научно-техническая конференция «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии», г. Гродно, 15–16 октября 2013 г.

– 64-я Научно-техническая конференция студентов и магистрантов, г. Минск, БГТУ, 22–27 апреля 2013 г.

– Международная научно-техническая конференция «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития», Минск, 27–29 ноября 2013 г.

– Международная конференция молодых ученых «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций», Минск, Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 28 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 09» «Негорючие пористые пеносиликатные материалы на основе природного микрокремнезема для теплоизоляции зданий и сооружений», докладчик Ковалевич М. А., награждена дипломом за активное участие.

– Международная научно-практическая конференция «Технология строительства и реконструкции», Минск, БНТУ, 11–13 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «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», докладчик Гайшун В. Е.

– Международная научная конференция «Технология строительства и реконструкции» (ТСР-2013), Минск, 11–12 ноября 2013 г.:

*устный доклад*: Щукин Г.Л. «Разработка методов получения силикатсодержащих и глинистых вспученных теплоизоляционных материалов на основе природного и техногенного сырья».

– Республиканская научно-техническая конференция «Стройиндустрия. Инновации в строительстве», Витебск. ККУП «Витебский областной центр маркетинга», 25–27 апреля 2013 г.:

*устный доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» «Изготовление строительных материалов с использованием промышленных отходов», докладчик Гречаников А. В.

– Международная научно-техническая конференция «Техника и технология защиты окружающей среды», Минск, БГТУ, 9–11 октября 2013 г.:

*устный доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» «Использование полиэлектролитов в водоподготовке», докладчик Гречаников А. В.

– Международная научно-техническая конференция «Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности (секция «Химия, химическая технология и экологические проблемы в производстве)», Витебск, ВГТУ, 27–28 ноября 2013 г.:

*устный доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» «Изготовление кирпича керамического с использованием неорганических отходов теплоэлектроцентралей», докладчик Платонов А. П.

– 46-я Республиканская научно-техническая конференция преподавателей и студентов, Витебск, ВГТУ, 24 апреля 2013 г.:

*устный доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» «Изготовление кирпича керамического с использованием промышленных отходов», докладчик Платонов А. П.

– Международная научная конференция «Технология строительства и реконструкции (ТСР-2013)», Минск, БНТУ, 11 ноября 2013 г.:

*устный доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 12» «Разработка научных основ ресурсосберегающей технологии производства отделочных строительных материалов с использованием неорганических отходов станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей», докладчик Гречаников А. В.

– Международная научно-практическая конференция «Строительство и восстановление искусственных сооружений», Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Критерии оценки технического состояния железобетонных элементов с учетом карбонизации бетона», докладчик Васильев А. А.

– Международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», Могилев, ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Модель изменения щелочности поровой жидкости бетона в агрессивной среде», докладчик Адарченко Е. О.

– Международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», Могилев, ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Оценка поврежденности бетона по степени его карбонизации», докладчик Адарченко Е. О.

– III Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса», Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Коррозионно-стойкий модифицированный бетон», докладчик Васильев А. А.

– Международная научно-техническая конференция «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки», Ижевск, АННОО «Приволжский дом знаний» и УО «ИжГТУ им. М. Т. Калашникова», 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Оценка состояния бетона», докладчик Васильев А. А.

– Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология», Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Анализ напряженно-деформированного состояния композита при взаимодействии матрицы и зерен заполнителя», докладчик Шимановский А. О.

– Международная научно-техническая конференция «Проблемы современного строительства», Пенза, УО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», 2013 г.:

*стендовый доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Оценка эффективности вторичной защиты бетона составом «ГС Пенетрат»», докладчик Васильев А. А.

– Всероссийская молодежная научная конференция с международным участием «Инновации в материаловедении», Москва, Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 14» «Моделирование композитной конструкции со сложным армированием», докладчик Якубович О. И.

– Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса»: Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», 17–18 октября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 15» «Особенности коррозионного поведения арматуры в бетоне при частичном увлажнении раствором хлористого натрия», докладчики Талецкий В. В., Степанова А. В.;

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 15» «Вероятность последовательного накопления отказов при регулярном тестировании системы», докладчик Шевченко Д. Н.

– Научно-методический семинар «Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства», Минск, Белорусский национальный технический университет, 22–23 мая 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 15» «Имитационное моделирование ресурса железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлора», докладчики Талецкий В. В., Степанова А. В., Шевченко Д. Н.

– 11-я Международная научно-техническая конференция «Наука – образованию, производству, экономике», Минск, апрель 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 24» «Влияние экранирования на снижение теплового потока через теплоизоляционный слой из микромодулей» докладчики Сизов В. Д., Нестеров Л. В.;



*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 24» «К вопросу проектирования дымовых труб», докладчик Питиримов В. В.

– Международная научная конференция «Технология строительства и реконструкции (ТСР-2013)»:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 24» «Разработка научно-технологических принципов изготовления наружных ограждающих конструкций с использованием экологически чистых эффективных теплоизоляционных слоев», докладчик Сизов В. Д.

– 6-я Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2013», Минск, Белорусский национальный технический университет, 20–22 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26», «Испытательное оборудование для метрологической аттестации весоизмерительных тензометрических датчиков», докладчик Скачек А. В.

– Международная научно-техническая конференция «Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки», 10–11 апреля 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» «Перспективные направления развития средств дискретного дозирования материалов», докладчик Соломахо В. Л.

– Международная научная конференция «Технология строительства и реконструкции», Минск, Белорусский национальный технический университет, 11–12 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 26» «Разработка теории и создание технических средств автоматизации производства строительных смесей», докладчик Скачек А. В.

– Международная научная конференция «Технология строительства и реконструкции», Минск, БНТУ, 12 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 27» «Принципы расчетов критериев аэродинамической, тепло- и массоэкологической устойчивости надземных и подземных сооружений», докладчик Акельев В. Д.;

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 30» «Тепло- и массо-технологические принципы функционирования воздухоопорных конструкций различного назначения и нормативный микроклимат», докладчик Акельев В. Д.

– 8-й Международный симпозиум «Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка», 10 апреля 2013 г., Минск:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 29» «Новый способ сварки плавящимся электродом», докладчик Жизняков С. Н.

– 11-я Международная научно-техническая конференция «Наука – образованию, производству, экономике»:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 29» «Изготовление газоплотных узлов вентиляционных систем с применением сварки в монтажных условиях», докладчик Писарев В. А.

– Международная научно-техническая конференция «Геотехника Беларуси: наука и практика», Минск, БНТУ, 23–25 октября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 31» «Пути совершенствования конструктивно-технологических параметров процесса уплотнения грунтов тяжелыми трамбовками», докладчик Клебанюк Д. Н.;

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 31» «Особенности выбора оптимальной схемы размещения точек уплотнения тяжелыми трамбовками», докладчик Шведовский П. В.

– Международная научная конференция «Технология строительства и реконструкции (ТСР-2013)», Минск, БНТУ, 11–12 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «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», докладчик Драган В. И.

– 6-я Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2013», Минск, БНТУ, 20–22 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 39» «Влияние разложения для диаграммы материала на деформации солитонного типа», докладчики Князев М. А., Трофименко Е. Е.

– XVI Международная конференция «Моделирование и исследование устойчивости динамических систем», Киев, Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, 29–31 мая 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 39» «Солитонные состояния в нелинейной упругопластической модели при учете диссипации», докладчик Князев М. А.

– Международная конференция «Теории оболочек и мембран в механике и биологии: от макро- до наноразмерных структур (SMT in MB)», Белорусский государственный университет, Минск, 16–20 сентября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 41» «Реализация расчета напряженно-деформированного состояния многослойных цилиндрических конструкций из анизотропных материалов», докладчик Василевич Ю. В.

– X Международная научно-техническая конференция «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии», Гродно, Гродненский филиал «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения» ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси», УО «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы», 15–16 октября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 42» «Флюат на основе гексафторсиликата цинка для повышения долговечности бетона», докладчик Хотянович О. Е.

– Международная научная конференция «Молодежь в науке-2013», Минск, Национальная академия наук Беларуси, 19–22 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 42» «Исследование процесса получения гексафторсиликата цинка из техногенного сырья», докладчик О.Е. Хотянович.

– IV Международная научно-практическая молодежная конференция «Научные стремления-2013», Минск, Минский городской исполнительный комитет, Минский городской технопарк, Центр молодежных инноваций, 3–6 декабря 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 42» «Разработка пропиточного состава на основе гексафторсиликата цинка для бетона», докладчик Хотянович О. Е.

– Международная научно-техническая конференция «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности», Витебск, УО «Витебский государственный технологический университет», 27–28 ноября 2013 г.:

*доклад* в рамках задания «Строительные материалы и технологии 45» «Формирование антикоррозионных композиций на стали с улучшенной адгезионной способностью к бетону», докладчик Матвейко Н.П.

## **2.15. Сведения об участии исполнителей программы в выставках**

Участие исполнителей программы в выставках, с краткой характеристикой представленных экспонатов и результатов (количество полученных медалей, дипломов), всего – 28,

в том числе:

– международных – 18:

– XIX Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции», Санкт-Петербург, 12–14 марта 2013 г.:

*экспонаты* – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» образцы плиток керамических для стен;

- выставка ITEX-2013, Малайзия, 9–11 мая 2013 г.:
- экспонаты* – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» образцы плиток керамических для стен;
- Белорусско-Латвийский форум «Наука, инновации, инвестиции», Минск, Белорусский национальный технический университет, 25–27 сентября 2013 г. (участие с докладом и демонстрацией натуральных образцов керамических огнеупорных и термостойких изделий с использованием каолинов Республики Беларусь);
- Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции-2013», Ленэкспо, РФ, Санкт-Петербург, 12–14 марта 2013 г.;
- национальная экспозиция Республики Беларусь на Ганноверской промышленной ярмарке «HANNOVER MESSE-2013», ФРГ, Ганновер, 8–12 апреля 2013 г.;
- национальная экспозиция Республики Беларусь на Международной выставке изобретений, инноваций и технологий «ITEX», Малайзия, Куала-Лумпур, 9–11 мая 2013 г.;
- национальная выставка Республики Беларусь в Казахстане, Астана, 5–8 июня 2013 г.;
- национальная экспозиция Республики Беларусь на Уральской международной выставке и форуме промышленности и инноваций «ИННОПРОМ-2013», РФ, Екатеринбург, июль 2013 г.;
- национальная экспозиция Республики Беларусь на Международной выставке «Технофронт-2013», Япония, Токио, 17–19 июля 2013 г.;
- национальная экспозиция Республики Беларусь на выставке «Улан-Батор. Партнерство-2013», Монголия, Улан-Батор, 2013 г.;
- национальная выставка Республики Беларусь в Литовской Республике, Вильнюс, сентябрь–октябрь 2013 г.;
- национальная экспозиция Республики Беларусь на Международном промышленном форуме, Украина, Киев, ноябрь 2013 г.;
- VI Национальная выставка Республики Беларусь в Республике Казахстан (5–8 июня 2013 г.):
- экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;
- XIX Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Санкт-Петербург, 12–14 марта 2013 г.):
- экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;
- ИННОПРОМ-2013 (Екатеринбург, 11–14 июля 2013 г.) – диплом:
- экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;
- национальная выставка Республики Беларусь в Монголии (Улан-Батор, 5–8 сентября 2013 г.):
- экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;
- ITEX-2013 (Малайзия, 9–11 мая 2013):
- экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;
- HANNOVER MESSE-2013 (Ганновер, Германия, 8–12 апреля 2013 г.):
- экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;
- республиканских – 10:
- выставка «Новые строительные технологии и материалы», Минск, 12 сентября 2013 г.:
- экспонаты* – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 05» образцы плиток керамических для внутренней облицовки стен;

– Республиканский семинар «Новые строительные технологии и материалы», 12 сентября 2013 г., Минск:

*экспонаты* – натуральные образцы синтезированных керамических материалов строительного и технического назначения на основе каолинов Республики Беларусь и информация об их эксплуатационных характеристиках;

– Белорусский промышленный форум-2013. Крупнейший смотр новых энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий. Белпромэнерго, Минск (пр. Победителей, 20/2), 15–18 мая 2012 г.;

– XVIII Белорусский энергетический и экологический форум. Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро (energyexpo), Минск (пр. Победителей, 20/2), 15–18 октября 2012 г.:

*экспонаты* – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 09» образцы пеносиликатных и пеностеклокерамических материалов;

– выставка научно-технических работ студентов и молодых ученых Республики Беларусь, Минск:

*экспонат* – разработанные в рамках задания «Строительные материалы и технологии 31» «Эффективные технологии и устройства подготовки искусственных грунтовых оснований»;

– Инвестиционный форум в г. Бресте (24 апреля 2013):

*экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

– выставка наиболее значимых инновационных разработок Республики Беларусь (28 ноября 2013 г.):

*экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

– дни науки (Минск, 25 января 2013 г.):

*экспонат* – разработанная в рамках программы «Строительные материалы и технологии 32» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

– выставка научно-технических разработок «Вклад ученых БГТУ в инновационное развитие Республики Беларусь», Минск, 16–26 апреля 2013 г.:

*экспонат* – разработанный в рамках задания «Строительные материалы и технологии 42» гексагидрат гексафторсиликат цинка.

### **3. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ, ЕЁ НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ**

Государственные заказчики программы – Национальная академия наук Беларуси и Министерство образования Республики Беларусь – работали по организации и контролю за ходом её выполнения, содержанием и сроками выполнения работ по заданиям, обеспечению достижения основных целей и выполнению в полном объеме и в установленные сроки заданий программы и их этапов, научно-организационному сопровождению программы четко и слаженно.

Ход выполнения программы рассматривался её государственными заказчиками и другими заинтересованными республиканскими органами государственного управления, в том числе Государственным статистическим комитетом в 2013 г. (за 1-й год). Проведено заседание Межведомственного совета по ГПНИ, научного совета по программе.

Информация о деятельности научного совета по программе, её оценка: научный совет работал перманентно по экспертизе выполняемых заданий.

## **З а к л ю ч е н и е**

За отчётный период основные задачи программы в основном выполнены. Научным советом рассмотрены результаты выполнения программы в виде годовых отчетов о выполнении работ по заданиям. Важнейшие результаты из числа приведенных в годовых и итоговых отчетах представлены в начале общего отчета.

Степень обеспечения в ходе выполнения программы её целевого назначения и достижения конечных целей высокая.

Степень достижения основных целей программы, утвержденных постановлением Совета Министров Республики Беларусь 09.06.2010 г. № 886, высокая.

Полученные научные результаты соответствуют лучшему отечественному научно-техническому уровню, их социально-экономическая значимость высока.

Результаты выполнения ГПНИ «Строительные материалы и технологии» способствовали реализации основной функции Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь – осуществлению технической политики в строительном комплексе страны с учетом приоритетов, определенных главой государства и правительством:

- жилищное строительство;
- ресурсо- и энергосбережение и на этой основе снижение стоимости строительства для повышения конкурентоспособности отечественных производителей;
- импортозамещение.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 3  |
| 1. Краткая характеристика заданий программы .....  | 3  |
| 1.1. Основные цели и задачи программы.....   | 3  |
| 1.2. Организации, участвующие в выполнении программы.....  | 3  |
| 1.3. Количество заданий программы.....   | 3  |
| 1.4. Количество исполнителей заданий программы.....  | 7  |
| 1.5. Объем финансирования заданий программы.....   | 7  |
| 2. Результаты научных исследований по заданиям программы.....  | 8  |
| 2.1. Важнейшие результаты научных исследований .....   | 8  |
| 2.2. Результаты выполнения заданий программы.....  | 10 |
| 2.3. Опубликованные научные работы.....  | 55 |
| 2.4. Результаты выполнения заданий программы.....  | 67 |
| 2.5. Охранные документы на объекты .....   | 72 |
| 2.6. Сведения об использовании за отчетный период полученных<br>по заданию программы результатов научно-исследовательских работ .....  | 73 |
| 2.7. Сведения об использовании (предложениях по использованию)<br>полученных по заданию программы результатов при проведении<br>научно-исследовательских работ.....  | 78 |
| 2.8. Сведения о выполнении международных научно-исследовательских проектов .....   | 79 |
| 2.9. Сведения о документально подтвержденных фактах заинтересованности<br>результатами выполнения заданий.....   | 80 |
| 2.10. Сведения о подготовке научных кадров .....   | 81 |
| 2.11. Использование результатов выполнения заданий для совершенствования<br>учебного процесса в высшей школе .....   | 82 |
| 2.12. Перечень научно-аналитических докладов, заключений на обращения<br>республиканских органов государственного управления, подготовленных<br>с участием организаций-исполнителей по тематике работ в рамках программы ..... | 84 |
| 2.13. Сведения о получении (присуждении) наград исполнителями программы<br>за научные результаты, достигнутые при ее выполнении .....  | 84 |
| 2.14. Сведения об организации научно-практических мероприятий (совещаний,<br>научных (научно-технических) конференций, семинаров, школ и др.)<br>по проблемам, разрабатываемым в рамках заданий программы.....                 | 84 |
| 2.15. Сведения об участии исполнителей программы в выставках.....  | 90 |
| 3. Организация выполнения программы, её научно-организационное сопровождение.....  | 92 |
| Заключение .....   | 93 |

Научное издание

**ХРУСТАЛЁВ** Борис Михайлович  
**ЛЕОНОВИЧ** Сергей Николаевич

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

Научно-технический справочник

Редактор *Т. Н. Микулик*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 29.08.2014. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 11,04. Уч.-изд. л. 4,32. Тираж 60. Заказ 423.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.