

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

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

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ОРИЕНТИРОВАННЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»**



**Б.М. ХРУСТАЛЕВ
С.Н. ЛЕОНОВИЧ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ОРИЕНТИРОВАННЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» (2006–2010 г.г.):
АНАЛИЗ ИТОГОВ ЧЕТВЕРТОГО ГОДА РАБОТЫ**

**Минск
БНТУ
2010**

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

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

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ОРИЕНТИРОВАННЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»**

**Б.М. ХРУСТАЛЁВ
С.Н. ЛЕОНОВИЧ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ОРИЕНТИРОВАННЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» (2006–2010 гг.):
АНАЛИЗ ИТОГОВ ЧЕТВЕРТОГО ГОДА РАБОТЫ**

Монография

Минск
БНТУ
2010

УДК 69 + 72
ББК 85.11 + 38
X 95

Рецензенты:

В.М. Пилипенко, д-р техн. наук, профессор, директор Научно-исследовательского и проектно-технологического республиканского унитарного предприятия «Институт НИПТИС» Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь;

**И.В. Дамшель, директор РУП «Институт «Гродногипрострой»
Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь**

X 95 Хрусталеv, Б.М.
Государственная программа ориентированных фундаментальных исследований «Строительство и архитектура» (2006–2010 гг.): Ана-лиз итогов четвертого года работы: монография / Б.М. Хрусталеv, С.Н. Леонович. – Минск: БНТУ, 2010. – 271 с.
ISBN 978-985-525-409-7.

В монографии проанализированы итоги четвертого года работы по выполнению ГПОФИ «Строительство и архитектура», дана краткая характеристика заданий программы и описаны результаты их выполнения.

1. Введение

Государственная программа ориентированных фундаментальных исследований «Строительство и архитектура» утверждена постановлением Президиума НАН Беларуси от 24.02.2006 № 20.

2. Краткая характеристика заданий программы

Основные цели ГПОФИ «Строительство и архитектура», утвержденные Советом Министров Республики Беларусь: создание строительных материалов с заданными характеристиками свойств на базе многоуровневого структурно-механического моделирования композитных систем при различных видах воздействий; разработка машин и механизмов для производства строительных изделий и возведения зданий и сооружений новых архитектурно-конструктивных систем; разработка методов расчетов строительных конструкций, позволяющих повысить эксплуатационную надежность строительных объектов.

Государственный заказчик программы: 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, акад. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор Хрусталева Б.М.

Количество организаций, участвующих в выполнении ГПОФИ «Строительство и архитектура» в 2009 г. – 14:

Минобразования – 9

– Белорусский национальный технический университет.

– Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта».

– Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

– Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

– Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет».

– Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

– Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет».

– Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

– Белорусский государственный университет.

НАН Беларуси – 5

– Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова».

– Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики».

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

– Государственное научное учреждение «Институт искусствоведения, этнографии и фольклора им. К. Крапивы».

– Государственное научное учреждение «Институт физики им. Б.И. Степанова».

Количество заданий, предусмотренных на 2009 год, всего – 43, из них:

фактически выполнено – 43 исключено из программы – 0

не выполнено в срок – 0 включено в план на 2009 год – 2.

«Строительство и архитектура 01» «Разработка и использование метода динамического индентирования для неразрушающего контроля физико-механических свойств бетонов». Научный руководитель д-р техн. наук Рудницкий В.А. Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси».

«Строительство и архитектура 02» «Исследование вторичного магнитного поля железобетонных строительных конструкций и разработка оперативного метода диагностики состояния арматуры». Научный руководитель д-р техн. наук Гусев А.П. Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси».

«Строительство и архитектура 03» «Исследование и разработка комплексной методики диагностики металлических строительных конструкций на базе методов магнитной и акустической

эмиссий». Научный руководитель д-р техн. наук Венгринович В.Л. Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси».

«Строительство и архитектура 04» «Разработка методики конструкции опытного образца прибора для контроля качества технологических параметров сухих строительных смесей по их реологическим характеристикам» Научный руководитель канд. техн. наук Стетюкевич Н.И. Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова».

«Строительство и архитектура 05» «Повышение технологической надежности контроля бетона в изделиях на основе акустического метода оценок параметров локальных динамических деформаций». Научный руководитель д-р техн. наук Леонович С.Н. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 06» «Разработка теоретических основ теплопереноса через ограждающие конструкции с замкнутыми, вентилируемыми, экранированными газовоздушными контурами жилых и общественных зданий». Научный руководитель акад. НАН Беларуси, д-р техн. наук Хрусталева Б.М. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 07» «Исследование влияния воздушного режима, процессов переноса теплоты и массы в ограждающих многослойных конструкциях с эффективными теплоизоляционными материалами на микроклимат помещений жилых зданий». Научный руководитель канд. техн. наук Протасевич А.М. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 08» «Разработка термогидроаэродинамических основ создания стыковых сопряжений при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий». Научный руководитель акад. НАН Беларуси, д-р техн. наук Хрусталева Б.М. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 09» «Разработка оптимального взаимодействия конструкции и художественной формы многоквартирного дома в новых архитектурно-конструктивных системах». Научный руководитель д-р архитектуры Аладов В.Н. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 10» «Исследование кинетики зарождения и развития разрушения в конструктивно-технологических надрезах арматуры железобетонных конструкций при статических и квазистатических нагружениях и разработка научно-обоснованных методов определения ее расчетных, технологических и эксплуатационных параметров с целью повышения эксплуатационной надежности железобетонных конструкций». Научный руководитель д-р физ.-мат. наук Василевич Ю.В. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 11» «Разработка автоматизированной технологии термообработки бетона при возведении монолитных конструкций, насыщенных арматурой, обеспечивающей оптимизацию режимов прогрева, повышение качества и снижение себестоимости продукции». Научный руководитель д-р техн. наук Леонович С.Н. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 12» «Исследование свойств объемно-гидрофобизированных строительных материалов, разработка технологии их получения и технической документации применения в ремонтно-строительном производстве». Научный руководитель канд. хим. наук Щукин Г.Л. Белорусский государственный университет.

«Строительство и архитектура 15» «Разработка теоретических основ химической модификации цементного бетона для целенаправленного регулирования его физико-механических свойств». Научный руководитель канд. хим. наук Юхневский П.И. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 16» «Разработка рецептуры и технологии изготовления краски для разметки автомобильных дорог на основе отходов промышленных предприятий». Научный руководитель д-р техн. наук Ковчур С.Г. Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет».

«Строительство и архитектура 17» «Разработка научно-технологических основ получения химических добавок полифункционального назначения на основе гексафторсиликатов двухвалентных металлов для бетона». Научный руководитель д-р техн. наук Кузьменков М.И. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

«Строительство и архитектура 19» «Разработка научно-обоснованных структурно-механических моделей бетонного композита для прогноза основных характеристик свойств высококачественных

бетонов с учетом собственных деформаций». Научный руководитель д-р техн. наук Тур В.В. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

«Строительство и архитектура 20» «Разработка теоретических основ, методов и средств моделирования неупорядоченных микро- и мезоструктур в композитных системах на базе цементных материалов». Научный руководитель канд. техн. наук Дереченник С.С. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

«Строительство и архитектура 21» «Исследование основных свойств конструкционных бетонов, модифицированных добавками, полученными на основе гуминовых веществ из отходов торфопредприятий». Научный руководитель канд. техн. наук Уласевич В.П. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

«Строительство и архитектура 22» «Разработка научных основ энергосберегающей технологии получения стеклокристаллических покрытий для строительной керамики». Научный руководитель д-р техн. наук Левицкий И.А. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

«Строительство и архитектура 23» «Исследование влияния различных добавок на физико-химические свойства керамических стеновых материалов с целью повышения эксплуатационных показателей». Научный руководитель д-р техн. наук Пищ И.В. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

«Строительство и архитектура 24» «Разработка теоретических основ совершенствования структуры жестких дорожных одежд с целью устройства трещиностойких асфальтобетонных покрытий». Научный руководитель д-р техн. наук Леонович И.И. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 29» «Разработка теоретических основ процесса диспергирования материалов в агрегатах раздавливающего типа с проточной классификацией и создание на их основе энергоэффективных помольных установок». Научный руководитель канд. техн. наук Вайтехович П.Е. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

«Строительство и архитектура 30» «Разработка численных методов расчета пространственных комбинированных стержневых систем». Научный руководитель канд. техн. наук Мартынов Ю.С. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 31» «Разработка метода расчета грузоподъемности эксплуатируемых мостовых железобетонных балочных пролетных строений с учетом фактора времени». Научный руководитель д-р техн. наук Пастушков Г.П. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 32» «Разработка структурно-механических моделей бетона и железобетона для применения в деформационных расчетах железобетонных конструкций при сложном напряженном состоянии». Научный руководитель д-р техн. наук Пецольт Т.М. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 34» «Разработка методов расчета и оптимизации нелинейно деформируемых стержневых и континуальных систем». Научный руководитель д-р техн. наук Борисевич А.А. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 36» «Разработка методов и средств расчета деформаций и осадок строительных объектов как трехмерных, нелинейных систем твердых тел». Научный руководитель д-р техн. наук Быховцев В.Е. Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

«Строительство и архитектура 37» «Разработка методов расчета напряженно-деформированного состояния и исследования устойчивости габаритных тонкостенных конструкций, состоящих из сопряженных гофрированных цилиндрических панелей». Научный руководитель д-р физ.-мат. наук Михасев Г.И. Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

«Строительство и архитектура 38» «Разработка методики расчета и конструирования железобетонных конструкций, подверженных кручению с изгибом, в соответствии с СНБ 5.03.01-02 и рекомендаций при возведении зданий и сооружений». Научный руководитель д-р техн. наук Семенюк С.Д. Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет».

«Строительство и архитектура 39» «Разработка методики расчета железобетонных конструкций из напрягающего бетона с комбинированным преднапряжением арматуры». Научный руководитель

канд. техн. наук Кондратчик А.А. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

«Строительство и архитектура 40» «Разработка методов расчета напряженно-деформированного состояния сложных стальных и сталежелезобетонных конструкций при нестационарных силовых и несиловых воздействиях». Научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

«Строительство и архитектура 41» «Исследование и разработка общей методики расчета трубобетонных элементов с ядром из бетона на напрягающем цементе». Научный руководитель д-р техн. наук Пойта П.С. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет».

«Строительство и архитектура 42» «Исследование напряженно-деформированного состояния и разработка методики расчета в соответствии с СНБ 5.03.01-02 железобетонных балок с пологим отгибом части продольной предварительно напряженной арматуры». Научный руководитель канд. техн. наук Малиновский В.Н. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра строительных конструкций.

«Строительство и архитектура 45» «Разработка методики построения и метрологическое обеспечение аппаратных и программных средств строительного мониторинга». Научный руководитель д-р техн. наук Соломахо В.Л. Белорусский национальный технический университет.

Строительство и архитектура 46» «Народная архитектура Беларуси: традиции и роль в развитии сельских ландшафтов и возрождение села». Научный руководитель чл.-корр. НАН Беларуси, д-р архитектуры Локотко А.И. Государственное научное учреждение «Институт искусствоведения, этнографии и фольклора им. К. Крапивы».

«Строительство и архитектура 47» «Разработка оптимальных архитектурных решений жилых домов для агрогородков с применением ресурсо- и энергосберегающих технологий». Научный руководитель д-р архитектуры Сардаров А.С. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 48» «Исследование межфазных процессов в полимерминеральных системах и создание на их основе новых строительных материалов с повышенной долговечностью». 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».

«Строительство и архитектура 49» «Разработка теоретических основ химической модификации плит из минеральной ваты теплоизоляционных для управляемого регулирования их физическими и механическими характеристиками». Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Гайшун В.Е. Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

«Строительство и архитектура 50» «Разработка физико-химических основ создания керамического кирпича и мертеля повышенной термостойкости на основе природного сырья Республики Беларусь для строительства печей различного назначения». Научный руководитель канд. техн. наук Дятлова Е.М. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

Строительство и архитектура 51» «Исследование физико-химических и металлургических процессов механизированной сварки в защитных газах при строительстве жилых и промышленных зданий и сооружений в условиях ветровых нагрузок, разработка технологическо-конструкторских рекомендации по сварке на открытых площадках в строительной отрасли». Научный руководитель чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук Пантелеенко Ф.И. Белорусский национальный технический университет.

«Строительство и архитектура 52» «Разработка лазерно-электроискрового спектрометра и методического обеспечения контроля содержания хлоридов в строительных материалах и изделиях на основе цемента». Научный руководитель акад. НАН Беларуси, д-р физ.-мат. наук Бураков В.С. Государственное научное учреждение «Институт физики им.Б.И. Степанова».

включенные задания в план 2009 года на основании конкурсного отбора и государственной научной экспертизы (протокол заседания секции межведомственного экспертного совета по ГПОФИ «Строительство и архитектура» от 19.09.2007 № 4) – 2

«Строительство и архитектура 53» «Разработка научно-технологических основ прогнозируемого управления процессами структурообразования при твердении эстрих-гипса с целью

получения на его основе сухих строительных смесей повышенной прочности и водостойкости». Научный руководитель канд. техн. наук Мечай А.А. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет».

«**Строительство и архитектура 54**» «Исследование микроволновых методов и создание первичных преобразователей для экспрессного контроля влажности строительных материалов и конструкций». Научный руководитель канд. техн. наук Любецкий Н.В. Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики».

Анализ утвержденных целей и заданий ГПОФИ «Строительство и архитектура» на 2006-2010 годы показывает, что они в целом соответствуют целям, задачам и приоритетам социально-экономического развития Республики Беларусь на 2006-2010 годы, определенным пунктами 4, 5, 6 Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2006-2010 гг., одобренной третьим Всебелорусским народным собранием по разделам создания новейших технологий производства строительных материалов, создания систем и средств измерения, развитию промышленности строительных материалов на основе местных сырьевых ресурсов, наиболее полном обеспечении народного хозяйства в высокоэффективной строительной продукции, сокращении сроков и стоимости строительства, снижении материало- и энергоемкости, повышению качества и конкурентоспособности продукции, обеспечении внутреннего рынка республики строительными материалами (изделиями, конструкциями) отечественного производства, увеличение экспорта строительных материалов и услуг. Для решения этих задач предусматривается, в частности, совершенствование проектирования и внедрение прогрессивных решений и технологий, разработка новых энергосберегающих технологий. Цели и задачи ГПОФИ «Строительство и архитектура» также соответствуют приоритетным направлениям научно-технической деятельности на 2006-2010 годы и приоритетным макротехнологиям, утвержденным Указом Президентом Республики от 06.07.2005 № 315 в части пункта 2 «Новые материалы и новые источники энергии» по приоритетной макротехнологии – «Производство строительных материалов». Приоритетные направления фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006-2010 годы, утвержденные Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17.05.2005 № 512, включают в себя создание в пункте 1 энерго- и ресурсоэкономичных архитектурно-конструктивных систем нового поколения, в подпункте 1.3 – новые строительные материалы, конструкции и технологии, строительная теплофизика; в подпункте 3.14 – новые неорганические и композиционные материалы для дорожного, жилищно-гражданского и промышленного строительства.

Количество исполнителей заданий в 2009 г., всего – 268,
в том числе:

- академиков НАН Беларуси – 3
- членов-корреспондентов НАН Беларуси – 3
- докторов наук (без учета академиков и членов-корреспондентов) – 32
- кандидатов наук – 87

из них:

докторантов – 4

- без ученой степени – 143

из них

аспирантов – 25

соискателей ученой степени – 2

магистрантов – 5

бакалавров – нет

студентов – 9

Фактический объем финансирования заданий и сопровождения ГПОФИ «Строительство и архитектура» в 2009 г. всего – 1659,998 млн. руб., из них:

- средства республиканского бюджета – 1656,498 млн. руб., в том числе Министерство образования Республики Беларусь – 1354,0 млн. руб. Национальная академия наук Беларуси – 302,498 млн. руб.
- внебюджетное финансирование (с указанием источников) – 3,5 млн. руб.

ЗАО «Парад» (г. Минск) выделило 3,5 млн. руб. на исследования по заданию «Строительство и архитектура 53».

Объем выделенных бюджетных средств соответствует плану.

Фактически использовано средств в 2009 г., всего – 1654,898 млн. руб., из них:

– средства республиканского бюджета – 1651,398 млн. руб., в том числе

Министерство образования Республики Беларусь – 1348,9 млн. руб.

(по заданиям «Строительство и архитектура 17», «Строительство и архитектура 22», «Строительство и архитектура 23», «Строительство и архитектура 29» 5,1 млн. руб. возвращены в республиканский бюджет, как неосвоенные.)

Национальная академия наук Беларуси – 302,498 млн. руб.

– внебюджетное финансирование (с указанием источников) – 3,5 млн. руб.

ЗАО «Парад» (г. Минск) выделило 3,5 млн. руб. на исследования по заданию «Строительство и архитектура 53».

3. Результаты научных исследований по заданиям программы

3.1. Важнейшие результаты научных исследований.

По результатам исследования по заданию «Строительство и архитектура 16» (УО «Витебский государственный технологический университет»), научный руководитель д-р техн. наук Ковчур С.Г.) разработаны технологические регламенты и технические условия изготовления белой, желтой и оранжевой краски для разметки автомобильных дорог. В результате испытаний установлено, что по техническим показателям разработанная дорожная разметочная краска соответствует требованиям СТБ 1089-97 «Эмали для горизонтальной разметки автомобильных дорог», СТБ 1231-2000 «Разметка дорожная», ТУ РБ 811000117-2001 «Краска водно-дисперсионная для разметки автомобильных дорог». В составе краски используются неорганические отходы ПО «Нафтан-Полимир», неорганические отходы станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей, что снижает ее стоимость на 8-10 %. Новый состав краски имеет следующие преимущества: полная замена или существенное сокращение расхода дефицитных компонентов (эпоксидная смола, пигменты, наполнители); утилизация промышленных отходов, позволяющая значительно улучшить экологическую ситуацию на предприятиях и снизить затраты на природоохранные мероприятия.

В рамках задания «Строительство и архитектура 17» (УО «Белорусский государственный технологический университет»), научный руководитель д-р техн. наук Кузьменков М.И.) разработан состав комплексной химической добавки для объемной обработки бетона. В результате взаимодействия $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующегося вследствие гидролиза алита с гексафторсиликатом магния и быстрого протекания кристаллизации новых фаз, увеличивается плотность бетона и, как следствие, достигается снижение водопоглощения примерно на 25 %, повышение прочности ~ в 2,5 раза, морозостойкости на 2 марки, увеличивается коррозионная стойкость бетона. Разработана технологическая схема производства комплексной химической добавки на основе гексафторсиликата магния и водорастворимых солей щелочных и щелочноземельных металлов для объемной обработки бетона.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 40» (УО «Брестский государственный технический университет»), научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И.) разработана новая металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ», конкурентоспособная со всеми известными мировыми аналогами, которая защищена 15 патентами на полезную модель и изобретение и внедрена в строительные проекты на 19 объектах Республики Беларусь и одном объекте Российской Федерации. Разработан метод расчета сложных архитектурно-конструктивных систем с применением структурной конструкции системы «БрГТУ» на динамическую и статическую устойчивость и неизменяемость, проведены испытания большепролетных сооружений, в результате которых получены принципиально новые знания по обеспечению безотказности и долговечности ответственных и сложных инженерных объектов. Проведенные экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния структурной конструкции системы «БрГТУ» показывают, что действительное напряженное состояние, определенное экспериментально на фрагментах и натуральных конструкциях, соответствует теоретическим результатам, полученным по расчетным схемам, моделирующей шарнирное сопряжение в узлах. Разработана методика технического

мониторинга большепролетных структурных конструкций системы «БрГТУ», основанная на измерении динамических характеристик стержней конструкции, позволившая в режиме реального времени определять действительное напряженно-деформированное состояние сооружения. Изменение собственной частоты колебания элемента конструкции в зависимости от осевого усилия положено в основу проведения комплексных мероприятий по определению действительного напряженно-деформированного состояния структурной конструкции системы «БрГТУ» Летнего амфитеатра в г. Витебске. В ходе мониторинга было проанализировано свыше 170 стержней структуры. Проведенный мониторинг напряженно-деформированного состояния конструкций большепролетного покрытия Летнего амфитеатра в г. Витебске позволил получить достоверную информацию о техническом состоянии сооружения и показал высокую надежность и безотказность его работы.

Разработанная в ходе исследований конструкция системы «БрГТУ» является эффективным типом пространственной конструкции. Она позволяет перекрывать сооружения пролетом более 120 м с различными очертаниями в плане, обладает большой надежностью в работе и высокой несущей способностью и пригодно для восприятия нагрузок свыше 300 кг/м^2 при пролетах до 100 м. Применение новой структурной конструкции системы «БрГТУ» позволило сократить расход стали до 20 %, уменьшить трудозатраты на строительной площадке до 25 %, сократить сроки возведения 1,5 раза и снизить стоимость строительства до 15 %. Экономический эффект от применения разработки на объектах строительства составил 5,0 млрд. руб.

Важнейшим результатом выполнения задания «Строительство и архитектура 47» (Белорусский национальный технический университет, научный руководитель д-р архитектуры Сардаров А.С.) является разработка методики перестройки малоэтажных жилых домов, построенных в агрогородках по типовым проектам в 1970-80 гг. В соответствии с разработанной методикой использования энергосберегающих технологий и архитектурных приемов энергосбережения при реконструкции жилых зданий были разработаны проектные предложения по перестройке домов типовых серий 88, 89, 210, ОПБ. Целью разработки проектных предложений ставилось создание на основе существующих зданий с невысоким стандартом проживания современных жилищ, как типовых потребительских качеств, так и жилищ повышенного уровня комфорта. Разработка проектных предложений по реконструкции многоквартирных малоэтажных домов проведена с учетом современных энергоэффективных, экологических, эстетических требований. При разработке проектных предложений определена рациональность использования архитектурно-планировочных приемов, основанных на перепланировке квартир при сохранении внешнего объема здания, приемов, основанных на трансформации глубины корпуса и объема здания в целом. Определены наиболее рациональные планировочные приемы перестройки многоквартирных малоэтажных зданий: увеличение глубины корпуса путем фрагментарной достройки объемов и достройки параллельных пролетов, изменения секционного типа объемно- планировочной системы в блокированную, галерейную, коридорную, перестройки чердака в эксплуатируемый объем и надстройки мансард над плоскими кровлями. Внедрение в проектную практику реконструкции разработанной методики комплексного использования современных энергоэффективных технологий и архитектурных приемов энергосбережения будет способствовать повышению энергоэффективности малоэтажных зданий в 70-80 гг. 20 в.

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 30» (Белорусский национальный технический университет), научный руководитель канд. техн. наук Мартынов Ю.С.) усовершенствована методика расчета поперечных сечений стержневых строительных конструкций, испытывающих сложное деформирование. Выполнены численные эксперименты по определению напряженно-деформированного состояния испытанных ранее сталежелезобетонных изгибаемых элементов (балок). Использование разработанных методик расчета, алгоритма и компьютерной программы для расчета строительных стержневых конструкций позволит сократить сроки, трудоемкость и стоимость проектирования за счет его автоматизации, сократить расход материалов (в сталежелезобетонных конструкциях экономия стали до 20 %, в стальных – до 5-8 %) и, вместе с тем, повысить надежность строительных конструкций. Потенциальными потребителями разработанной методики расчета поперечных сечений строительных конструкций являются организации Республики Беларусь, занимающиеся разработкой, исследованием и проектированием строительных конструкций, как в новом строительстве, так и при реконструкции зданий.

3.2. Результаты выполнения заданий программы:

«Строительство и архитектура 01» «Разработка и использование метода динамического индентирования для неразрушающего контроля физико-механических свойств бетонов». Научный руководитель д-р техн. наук Рудницкий В.А. Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси», лаборатория контактно-динамических методов контроля.

По заданию «Строительство и архитектура 01» разработана математическая модель измерения, связывающая косвенную характеристику прочности бетона (динамическую твердость) с его модулем упругости, параметрами движения индентора (предударной скоростью и коэффициентом восстановления скорости), а также массой, радиусом и физико-механическими свойствами индентора. Проанализированы факторы, оказывающие влияние на точность измерения прочности бетона методом динамического индентирования, разработана математическая модель измерения:

$$H = e^{8/5} \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right)^{-4/5} \left(\frac{mV_{\max}^2}{2D^3} \right)^{1/5} \left(\frac{2}{2+n} \right)^{3/5}, \quad (1)$$

где косвенной характеристикой прочности (выходной величиной) является динамическая твердость H ; входными величинами являются: предударная скорость индентора V_{\max} ; коэффициент восстановления скорости e ; диаметр наконечника индентора D ; масса индентора m ; коэффициенты Пуассона и модули упругости контролируемого материала и материала индентора μ_1 , E_1 и μ_2 , E_2 соответственно; коэффициент n , характеризующий способность контролируемого материала к упрочнению.

Для каждой входной величины установлены функции распределения и интервалы возможных значений, определены значения стандартных неопределенностей. На основании математической модели (1) рассчитан вклад каждой входной величины в суммарную неопределенность измерения. Установлено, что наибольший вклад в суммарную неопределенность вносят предударная скорость индентора и модуль упругости бетона. Показано, что неопределенность значений предударной скорости, обусловленная влиянием на V_{\max} пространственной ориентации ударного преобразователя при измерении, может быть значительно снижена путем автоматической регистрации значений предударной скорости при каждом измерении. Предложена методика приведения результата любого измерения к результату, соответствующему фиксированному (базовому) значению V_{\max} . Методика, основанная на установленной в ходе экспериментов зависимости между предударной скоростью индентора и коэффициентом восстановления скорости, заключается в корректировке измеренного значения e в зависимости от разницы между измеренным и базовым значениями V_{\max} .

Получено выражение, позволяющее определить модуль упругости контролируемого материала по параметрам испытательного удара:

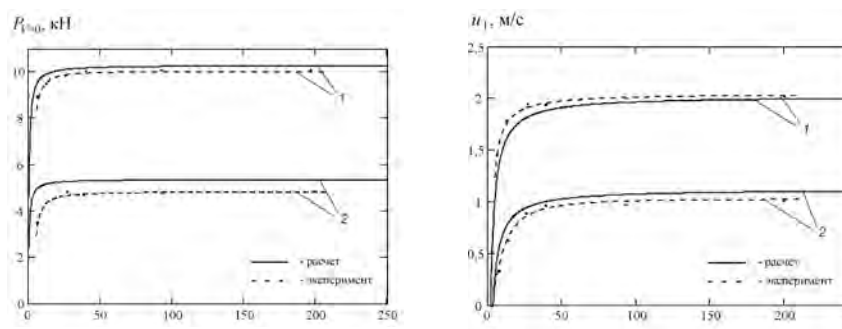
$$E = (1 - \mu^2) \left(\frac{2+n}{2} \right)^{\frac{3}{8}} \frac{D^{\frac{3}{4}}}{W^{\frac{1}{4}}} \left(\frac{P_{V=0}}{\pi D \alpha_{\max}} \right)^{\frac{5}{4}} e^{-2}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент Пуассона контролируемого материала; n – коэффициент, характеризующий способность контролируемого материала к упрочнению; D – диаметр наконечника индентора; W – предударная энергия индентора; α_{\max} – максимальная глубина внедрения индентора; $P_{V=0}$ – контактное усилие при максимальной глубине внедрения; e – коэффициент восстановления скорости индентора.

Проведены исследования влияния массы контролируемого изделия на параметры удара при испытаниях цемента- и асфальтобетонов методом динамического индентирования. Результаты экспериментов показали, что наибольшее влияние масса изделия оказывает на скорость отскока индентора. Параметры, определяемые по активному этапу удара (контактное усилие, глубина внедрения, длительность активного этапа удара), в меньшей степени подвержены влиянию массы изделия. Экспериментальные данные подтверждены расчетом процесса соударения, проведенным на основе законов постоянства энергии и количества движения с учетом реальной картины деформирования материала (рис. 1).

На основании полученных результатов были определены значения минимальной массы изделия (либо изделия с присоединенной массой), при которых ее влиянием на результаты измерений можно пренебречь. Если в ходе испытаний определяются физико-механические свойства материала, рассчитываемые с учетом скорости отскока индентора, например, модуль упругости, то масса

контролируемого изделия должна составлять не менее 40 кг. При определении только прочности на сжатие за счет использования в качестве косвенной характеристики прочности параметров активного этапа удара можно уменьшить требуемую массу до 7 кг.



а – контактная сила при максимальном внедрении

б – скорость отскока

Рисунок 1 – Зависимости параметров индентирования от соотношения масс ξ изделия и индентора при испытаниях цементобетон (кривые 1) и асфальтобетон (кривые 2)

«Строительство и архитектура 02» «Исследование вторичного магнитного поля железобетонных строительных конструкций и разработка оперативного метода диагностики состояния арматуры». Научный руководитель д-р техн. наук Гусев А.П. Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси», лаборатория электромагнетизма.

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 02» установлена закономерность формирования вторичных магнитных полей рассеяния, образуемых структурными неоднородностями бетона при намагничивании постоянным магнитным полем, получены экспериментальные зависимости распределения вторичных магнитных полей рассеяния над поверхностью бетонных конструкций при локальном намагничивании системой постоянных магнитов.

Разработана физическая модель (рис. 2) и методика экспериментальных исследований магнитоструктурных неоднородностей бетонных конструкций с целью оптимизации оперативного метода одновременных измерений толщины защитного слоя бетона и диаметра прутков арматуры в процессе обследования конструкций.

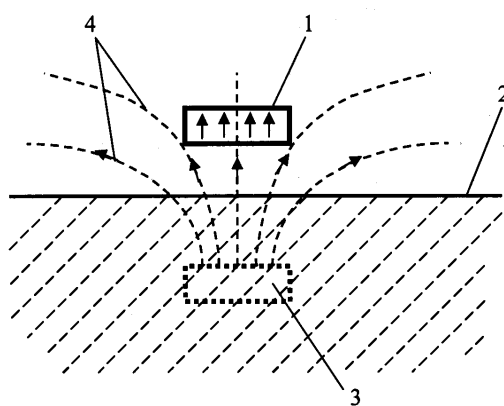


Рисунок 2 – Физическая модель:
1 – источник магнитного поля, 2 – поверхность бетонной конструкции,
3 – изображение источника магнитного поля, 4 – силовые линии магнитного поля изображения

Материал бетонных конструкций содержит различные соединения железа, которые обладают магнитной восприимчивостью. Поэтому материал конструкции под воздействием намагничивающего поля намагничивается и образует вторичное магнитное поле, характер распределения напряженности

которого над поверхностью конструкции аналитически описывается полем изображения источника намагничивающего поля. Напряженность поля изображения определяется магнитной восприимчивостью участка бетона, в котором находится изображение. Поскольку наполнители бетона могут иметь различную магнитную восприимчивость, различные размеры и плотность частиц, то в различных местах конструкций магнитное поле изображения может иметь различную напряженность, что является помехой при измерении магнитного поля прутков арматуры.

Разработана и изготовлена экспериментальная установка, структурная схема которой представлена на рис. 3.

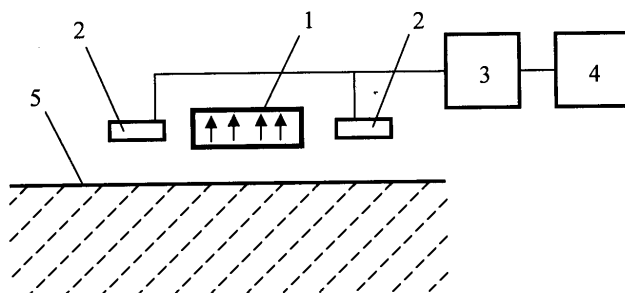


Рисунок 3 – Структурная схема экспериментальной установки:
1 – намагничивающее устройство; 2 – магниточувствительные элементы (феррозонды); 3 – электронный блок, 4 – графический самописец;
5 – поверхность бетонной конструкции

Методика измерений состоит в том, что сканирующее устройство, содержащее систему постоянных магнитов и магниточувствительные элементы (феррозонды), перемещают по поверхности бетонной конструкции и регистрируют с помощью графического самописца сигнал с выхода магниточувствительных элементов.

В процессе измерений обследованы ряд бетонных панелей из различных марок бетона, содержащих различные наполнители. Получены экспериментальные зависимости распределения вторичных магнитных полей рассеяния над поверхностью бетонных конструкций при локальном намагничивании системой постоянных магнитов. В результате исследований вторичного магнитного поля бетонных панелей установлена величина среднего значения напряженности вторичного поля на разных панелях, а также величина и характер отклонений напряженности от среднего значения по поверхности панелей. Установлены предельные значения отклонений напряженности, ограничивающие чувствительность магнитного метода измерения толщины защитного слоя бетона и диаметра прутков арматуры.

Полученные результаты позволяют определить уровень помех и реальную чувствительность магнитного метода одновременного измерения толщины защитного слоя бетона и диаметра прутков арматуры, оптимизировать намагничивающую систему для разработки аппаратуры, реализующей разрабатываемый оперативный метод диагностики железобетонных конструкций.

«Строительство и архитектура 03» «Исследование и разработка комплексной методики диагностики металлических строительных конструкций на базе методов магнитной и акустической эмиссий». Научный руководитель д-р техн. наук Венгринович В.Л. Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси», лаборатория вычислительной диагностики.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 03» разработана методика измерения сигнала магнитоакустического шума (акустическое проявление эффекта Баркгаузена) с помощью датчиков акустической эмиссии GT200/GT300 и измерительного тракта анализатора магнитного шума «ИНТРОСКАН». В основу измерения положено аналого-цифровое преобразование акустического сигнала с последующей цифровой обработкой. Разработано программное обеспечение для проведения экспериментальных исследований. Предложена и успешно опробована методика подавления помех с помощью цифровой фильтрации. Проведены предварительные измерения магнитоакустического шума на образцах строительных сталей 09Г2С, Ст.3 и С390. Получена оценка интенсивности магнитоакустического шума, характера и интенсивности помех. На рис. 4 представлена типичная зависимость спектральной плотности мощности акустического шума ($B^*/B/Гц$) от частоты ($Гц$), полученная на образце стали С390 с помощью датчика GT200.

Проведены экспериментальные исследования зависимостей огибающей и спектральной плотности мощности магнитного и акустического шума при различном напряженном состоянии образцов строительных сталей 09Г2С, Ст.3 и С390, нагружаемых по изгибной схеме. Проведенный сопоставительный анализ результатов исследований по возможности оценки напряженного состояния строительных сталей с помощью магнитного и акустического шума позволил сделать следующие основные выводы:

– Сигнал магнитного шума (электромагнитное поле скачков намагниченности) имеет более высокую чувствительность и монотонную зависимость от напряжений. Однако строительные стали, как правило, имеют высокую магнитную проницаемость. Поэтому глубина поверхностного слоя, с которого регистрируется сигнал магнитного шума, мала (10...100 мкм). В этом случае на результат измерения напряжений могут оказывать значительное влияние различные мешающие факторы, связанные с поверхностью образцов или элементов конструкций (например, остаточные напряжения после проката, поверхностная пластическая деформация после обработки, обезуглероживание поверхностного слоя и т.п.).

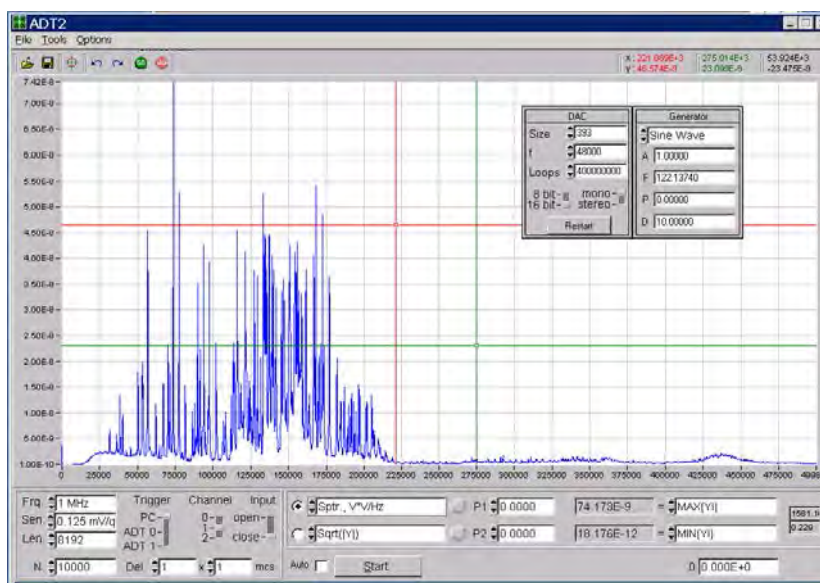


Рисунок 4 – Типичная зависимость спектральной плотности мощности акустического шума ($V \cdot V / \text{Гц}$) от частоты (Гц), полученная на образце стали С390 с помощью датчика GT200

– Сигнал акустического шума (акустические волны скачков намагниченности) регистрируется практически из всей области, в которой напряженность поля перемагничивания превышает некоторое пороговое значение. Глубина этой области в зависимости от частоты и амплитуды перемагничивающего тока может быть от 1 до 10 мм. При такой глубине мешающие факторы, связанные с поверхностным слоем, существенно снижаются. Однако, как показали исследования, зависимость сигнала акустического шума от напряжений для строительных сталей не всегда монотонна (происходит снижение интенсивности акустического шума, как при растяжении, так и при сжатии образцов).

– Совместное измерение сигналов магнитного и акустического шума позволяет улучшить достоверность оценки напряженного состояния элементов конструкций из строительных сталей. При этом абсолютная величина напряжения может быть получена с помощью измерения акустического шума, а знак – с помощью измерения магнитного шума.

Результаты исследований были использованы при мониторинге напряженного состояния нижнего металлического кольца вантового покрытия здания на объекте «Многопрофильный культурно-спортивный комплекс «Минск-Арена» в г. Минске». С 07.10.2009 по 04.11.2009 проводились измерения магнитного шума на 4 контрольных участках нижнего металлического кольца вантового покрытия при различных этапах нагружения кольца. Разница между измеренными с помощью магнитного шума и рассчитанными при проектировании кольца средними приращениями напряжений составила 14 %.

Результаты исследований будут использованы для разработки методик оценки напряженного состояния стальных элементов строительных конструкций, сосудов под давлением и аппаратов, резервуаров, газгольдеров и др. без разрушения последних для обеспечения безопасности работы и увеличения сроков эксплуатации.

«Строительство и архитектура 04» «Разработка методики конструкции опытного образца прибора для контроля качества технологических параметров сухих строительных смесей по их реологическим характеристикам» Научный руководитель канд. техн. наук Стетюкевич Н.Н. Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова», лаборатория реофизики и макрокинетики.

Важнейшим результатом выполнения задания «Строительство и архитектура 04» является разработка и апробация программного обеспечения экспериментального образца прибора с целью определения областей применения метода и конструкции прибора в существующих строительных технологиях, калибровка прибора на стандартных реологических жидкостях и доработка конструкции прибора по результатам тестовых испытаний.

Разработано и апробировано программное обеспечение экспериментального образца прибора, управляющее импульсом нагружения флюгера. Изготовлен типоразмерный набор лопаток лопастного флюгера для расширения диапазона использования прибора. Исследованы технические характеристики экспериментального образца прибора для оценки качества композиционных смесей с целью определения областей применения метода и конструкции прибора в существующих строительных технологиях. Измерены значения момента сдвига на экспериментальном образце прибора. Разработано программное обеспечение прибора для оценки качества композиционных смесей, основанное на методике определения динамической вязкости для ротационного вискозиметра.

Выполнена калибровка прибора на модельных стандартных реологических жидкостях, имитирующих рабочие строительные растворы (рис. 5). По результатам измерений внесены управляющие команды в программное обеспечение прибора.



Рисунок 5 – Калибровка прибора на стандартных реологических жидкостях

Разработана методика оценки готовности строительных растворов, основанная на контроле момента сдвига флюгера с помощью цифрового энкодера в процессе дискретного нагружения, для оптимизации состава строительных смесей типа *Knauf Rotband*. Сконструирована и испытана схема усилителя привода моментного двигателя (рис. 6, 7).

Выполнена доработка конструкции прибора по результатам тестовых испытаний. Увеличена длина направляющей и внесены изменения в конструкцию фиксатора штатива для использования типоразмерного набора измерительных ячеек. Уменьшено значение шага дискретизации для задания значения момента силы на оси лопастного флюгера до значения 0,03 Н·м. Разработано программное окно для ввода и расчета коэффициента приведения момента вращения лопастного флюгера к значению вязкости строительных смесей.



Рисунок 6 – Внешний вид цифрового энкодера и схема усилителя привода моментного двигателя

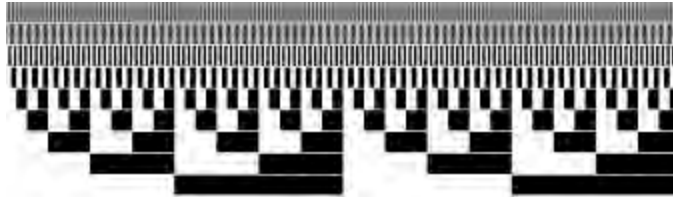


Рисунок 7 – Шкала цифрового энкодера

Разработана панель управления для выбора типа лопастного флюгера. Исследована форма сигнала, управляющего моментным двигателем для сглаживания начальной и конечной ударных нагрузок испытательного цикла.

Сферой использования прибора являются отделочные работы в строительстве и практический контроль качества смесей на строительных объектах.

«Строительство и архитектура 05» «Повышение технологической надежности контроля бетона в изделиях на основе акустического метода оценок параметров локальных динамических деформаций». Научный руководитель д-р техн. наук Леонович С.Н. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Технология строительного производства», научно-исследовательская лаборатория «Промышленное и гражданское строительство».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 05» уточнены принципиальные основы разрабатываемого метода определения прочностных показателей бетона. Установлены частотные и временные характеристики акустического сигнала, сопровождающего процесс ударного индентирования бетона, позволяющие осуществить селекцию фрикционных и акустоэмиссионных составляющих. Выполнена экспериментальная оценка акустических параметров ударного взаимодействия в системе бетонный образец – индентор для трех типовых составов бетона. Полученные данные позволили аналитически описать взаимосвязь частотных параметров акустического отклика, его длительности, энергии воздействия и прочности бетона. Закономерность возрастания относительной эмиссионной активности при увеличении прочности испытуемого образца и постоянстве энергии ударного воздействия положена в основу разрабатываемого метода определения упругих и прочностных свойств бетона.

Проведены эксперименты и установлен эффективный частотный диапазон эмиссионной компоненты акустического отклика, обеспечивающий селекцию указанной компоненты от фрикционных и ударных составляющих. Установлена корреляционная зависимость (рис. 8) между относительной спектральной плотностью акустоэмиссионной составляющей спектра в диапазоне 60...120 кГц и прочностью бетона в проектном возрасте, выражаемая соотношением:

$$A_{\text{э}} / A_{\text{max}} = 0,76 \cdot \ln(f_{\text{cm,cube}}) - 1,89, \quad (3)$$

где $f_{\text{cm,cube}}$ - среднее значение прочности бетона серии образцов, МПа; A_{max} – максимальное значение спектральной плотности акустического отклика, отн. ед; $A_{\text{э}}$ – значение спектральной плотности акустического отклика, соответствующее его эмиссионной составляющей в полосе частот 60...110 кГц, отн. ед;

Тем самым подтверждена возможность частотной селекции эмиссионной составляющей акустического отклика при индентировании бетона.

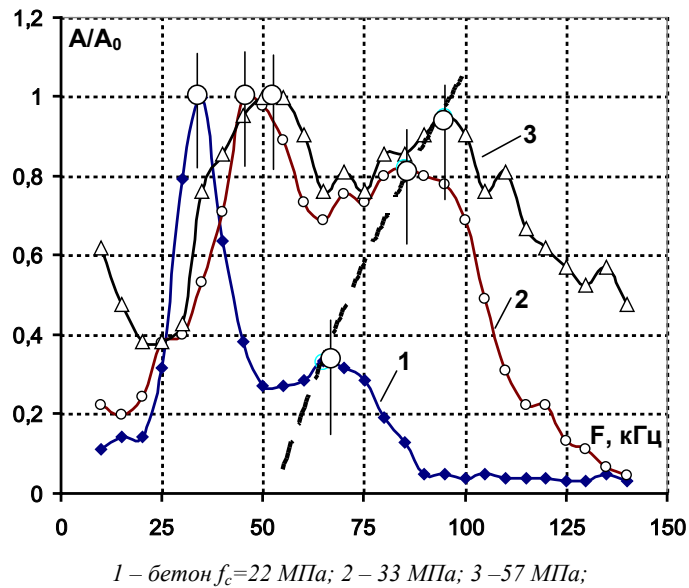


Рисунок 8 – Амплитудно-частотные спектры акустических откликов на ударное воздействие на бетон (возраст бетона 28 сут.)

Выполненные исследования позволили выявить и количественно оценить информативность параметров акустического отклика при динамических воздействиях на бетон, что положено в основу разрабатываемого метода неразрушающего контроля упруго-прочностных характеристик бетона. Использование расширенного перечня косвенных акустических параметров контроля в дополнение к известным, позволит повысить достоверность оперативного контроля бетона в построечных условиях и уменьшить степень его технологической зависимости.

«Строительство и архитектура 06» «Разработка теоретических основ теплопереноса через ограждающие конструкции с замкнутыми, вентилируемыми, экранированными газоздушными контурами жилых и общественных зданий». Научный руководитель акад. НАН Беларуси Хрусталеv Б.М. Белорусский национальный технический университет, научно-исследовательская испытательная лаборатория строительной теплофизики и инженерных систем зданий.

По заданию «Строительство и архитектура 06» проведены расчеты температурных полей теплоизоляционных слоев из модулей ячеистой формы, анализ результатов расчета и определены оптимальные геометрические характеристики микромодулей для обеспечения наибольшего термического сопротивления. Разработана методика проведения экспериментальных исследований на опытных образцах с учетом разности температур и геометрических параметров. Результаты проведенных экспериментов подтвердили проведенные теоретические и аналитические исследования.

По результатам выполнения задания выполнены расчеты температурных полей теплоизоляционных слоев из модулей ячеистой формы с учетом их отражательной способности плотности и паропроницаемости. Показано, что при наличии экранов, количество теплоты, передаваемой вследствие суммарного теплообмена можно определить по выражению:

$$q = \varepsilon_{np} C_0 \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{i+1}}{100} \right)^4 \right] + \frac{\lambda \varepsilon_k}{\delta_{эк}} [T_i - T_{i+1}], \quad (4)$$

где q – плотность теплового потока; T_i и T_{i+1} – температуры экранов в микромодулях; C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный $5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$; $\delta_{эк}$ – характерный эквивалентный размер микромодуля; ε_{np} – приведенная степень черноты системы; λ – коэффициент теплопроводности воздуха; ε_k – коэффициент конвекции.

Эффективные коэффициенты теплопроводности $\lambda_{эф}$ экранов микромодулей рассчитывались по тепловому потоку и толщине экранов:

$$\lambda_{эф} = \frac{q\delta'}{T_i - T_{i+1}}, \quad (5)$$

где δ' – толщина экранов.

Коэффициент эффективности экранирования η для бесконечного плоского слоя с числом экранов $n \gg 1$ и абсолютно черными граничными стенками рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{\varepsilon_э}{n(2 - \varepsilon_э)}, \quad (6)$$

где $\varepsilon_э$ – степень черноты экрана.

Принимая, что плотность укладки экранов постоянна, величина проводимости теплоты излучением $\lambda_{изл}$ равна:

$$\lambda_{изл} = \frac{\varepsilon_э \sigma_0}{n(2 - \varepsilon_э)} (T_1 + T_2) (T_1^2 + T_2^2). \quad (7)$$

Если толщину микро модуля условно разбить на n равных участков, то зависимость эффективного коэффициента теплопроводности микро модуля от эффективных коэффициентов теплопроводности отдельных участков можно записать так:

$$\frac{1}{\lambda'_{эф}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_{эф i}}. \quad (8)$$

Расчеты показали, что целесообразность применения ячеистых конструкций для терморехабилитации наружных ограждений может быть реализована с соблюдением следующих условий:

$$\frac{\lambda_э}{\alpha} \cdot \frac{\delta}{2} \leq 5, \quad (9)$$

где $\lambda_э$ – эквивалентный коэффициент теплопроводности ячеистых конструкций; α – коэффициент теплоотдачи у поверхности ячеистой конструкции; δ – толщина стенки.

Из выражения (9) следует, что чем меньше толщина δ или плотность материала ячеистых структур, тем более она эффективна в тепломассотехнических и экономических отношениях.

Расчеты показывают, что коэффициенты паропроницаемости материалов отдельных слоев различны при различных давлениях водяного пара и распределении парциальных давлений. Так как давления насыщенного пара зависят от температур слоев или на их границах, падение кривых насыщенного пара тем заметнее, чем меньше коэффициент теплопроводности материалов слоя λ , что наблюдается при высоком сопротивлении паропроницаемости слоя, т.е. при одинаковых значениях произведений μ и λ всех слоев возникает ситуация характерная для однородной конструкции. С увеличением произведения μ и λ у более нагретой поверхности возникновение конденсата даже при экстремальных условиях на поверхности конструкции маловероятно.

Для определения оптимальных геометрических параметров микро модулей для обеспечения наибольшего термического сопротивления был проведен анализ результатов расчета температурных полей теплоизоляционных слоев. Анализ показал, что можно получить систему уравнений, выражающих условия гидростатического равновесия в сжимаемом идеальном газе, для которого:

$$dp/dx = \rho g; \quad \rho c_p \cdot dt/dx = dp/dx. \quad (10)$$

Из этих уравнений следует, что в условиях гидростатического равновесия возникновение конвекции возможно, когда

$$dt/dx > g/c_p, \quad (11)$$

где ρ – плотность газа; c_p – теплоемкость; g – ускорение свободного падения.

Это означает, что увеличение плотности в отрицательном направлении под действием силы тяжести компенсирует уменьшение плотности за счет нагревания нижней стенки и при выполнении условия (11) гидростатическое равновесие газа не нарушается.

Аналитические исследования доказывают, что в бесконечно длинном горизонтальном слое жидкости, нагреваемом снизу, конвекция возникает при

$$Ra > Ra_{кр}, \quad (12)$$

где $Ra_{кр} = \left[g \frac{\beta \delta^3}{\nu - a} (t_1 - t_2) \right]_{кр}$ критическое значение числа Рэлея; $Ra_{кр} = 1700$; δ – толщина слоя; a –

коэффициент температуропроводности; ν – кинематическая вязкость.

Оптимальные параметры максимального термического сопротивления слоев из модулей ячеистой формы рассчитывались с помощью уравнений, полученных на основе физических моделей и путем аппроксимации экспериментальных данных. Так как геометрические и физические свойства микромодулей ячеистой формы периодически повторяются в пространстве, такая система обладает дальним порядком. В этой системе можно выделить элементарную ячейку – элемент объема, повторяя который определенным образом, можно получить весь объем исходной структуры. Для определения термического сопротивления микромодуля рассмотрим элементарную ячейку, представленную на рис. 9.



Рисунок 9 – Разделение элементарной ячейки адиабатными плоскостями

Используя формулы теплопроводности для плоских стенок, термические сопротивления отдельных участков микромодулей были рассчитаны:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1 F_1} = \frac{2l - \delta_2}{\lambda_1 F_1}, \quad (13)$$

$$R_2 = \frac{2\delta_2}{\lambda_2 F_2} = \frac{1}{2\lambda_2 \cdot l}, \quad (14)$$

$$R_3 = \frac{2l}{\lambda_1 F_3} = \frac{l}{2\lambda_1 (l^2 - \delta_2^2)}, \quad (15)$$

где δ_1 , $2\delta_2$, $2l$ – длины пути теплового потока в различных частях микромодуля; λ_1 , λ_2 – коэффициенты теплопроводности отдельных участков.

Общее сопротивление всего микромодуля составит:

$$R = \frac{(2R_1 + R_2)R_3}{2R_1 + R_2 + R_3}. \quad (16)$$

Эффективный коэффициент теплопроводности λ_3 в этом случае:

$$\lambda_3 = \frac{2R_1 + R_2 + R_3}{2l(2R_1 + R_2)R_3}. \quad (17)$$

Используя величину объемной пористости микромодуля m_2 , которая равна

$$m_2 = \frac{V_2}{V_0} = \left(\frac{\delta_2}{V_0 l} \right)^3, \quad (18)$$

где V_2, V_0 – объемы воздуха и всего микромодуля можно получить выражение для эффективного коэффициента теплопроводности:

$$\frac{\lambda_{\text{э}}}{\lambda_1} = \frac{1 + \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1} - 1\right) m_2^{0,667}}{1 + \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1} - 1\right) m_2^{0,667} \left[1 - \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^{0,333}\right]}, \quad (19)$$

с помощью которого можно определить оптимальную величину наибольшего термического сопротивления.

Для определения соответствия аналитических исследования действительным значениям термического сопротивления микромодулей были проведены экспериментальные исследования зависимостей коэффициентов теплопроводности слоев из микромодулей от их геометрических характеристик и разности температур на границах слоев на подобранной экспериментальной модели.

При разработке модели ячеистой структуры ограниченных контуров предполагалось следующее. Плотность воздуха в контуре равна:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \bar{S} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \bar{S} \frac{\Delta m}{\Delta V}, \quad (20)$$

где m, V — масса, объем воздуха.

Плотность распределения объемных сил:

$$f = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta f}{\rho \Delta V}. \quad (21)$$

Аналогично (21) поверхностные силы задаются напряжением

$$P_n = \lim_{\Delta V_n \rightarrow 0} \frac{\Delta P_n}{\rho \Delta V_n}, \quad (22)$$

где ΔP_n – главный вектор сил, приложенных со стороны воздуха к некоторой выделенной в нем малой площадке ΔV_n .

Наиболее употребительной и достаточно общей является так называемая классическая модель газа (капельной жидкости), которая основана на том, что зависимость тензора напряжений линейна. Эти

среды называются ньютоновскими. В этом случае кинетическая зависимость равна $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ и в общем

случае для простейшей модели можно считать, что $\nu = const$.

Данная модель наиболее полно реализуется на экспериментальной установке NETZSCH HFM 436/3/1/E Lambda, которая и была использована при проведении экспериментальных исследований коэффициентов теплопроводности образцов микромодулей с различными геометрическими размерами и при изменении разностей температур.

Для проведения экспериментальных исследований изготавливались образцы различной толщины, конфигурации микромодулей, с заполнением наполнителями, с отражающими экранами и т.д. Результаты экспериментов показали, что при толщине образцов 0,069 м коэффициенты теплопроводности микромодулей соответствовали нормативным сопротивлениям воздушных прослоек.

При разности температур на торцевых поверхностях в приборе $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,055 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$, при разности температур при $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ – $\lambda = 0,0533 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$, при разности температур при $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ – $\lambda = 0,0527 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$ для толщины образцов $\delta = 0,03 \text{ м}$. Следовательно, при снижении средней температуры в модулях ячеистой формы коэффициент теплопроводности снижается (рис. 10), что соответствует проведенным аналитическим исследованиям.

Влияние толщины образцов на коэффициент теплопроводности определялось на образцах толщиной 0,015 м, 0,02 м и 0,03 м при одинаковой разности температур $\Delta t = 20^\circ\text{C}$.

Результаты экспериментов приведены на рис. 11.

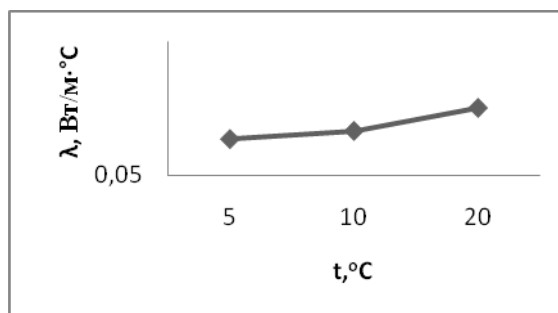


Рисунок 10 – График зависимости коэффициента теплопроводности от температуры

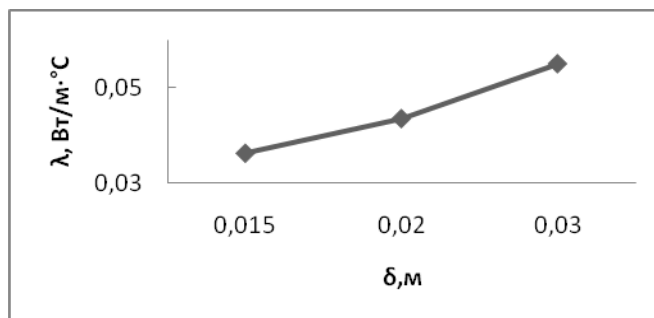


Рисунок 11 – График зависимости коэффициента теплопроводности от толщины микромодулей

График показывает, что при уменьшении толщины микромодулей коэффициенты теплопроводности снижаются, что также соответствует проведенным аналитическим исследованиям.

В результате работ, проведенных в 2009 г. определены аналитическим путем оптимальные геометрические параметры микромодулей для обеспечения наибольшего термического сопротивления теплоизоляционного слоя. Проведены экспериментальные исследования, которые подтвердили результаты аналитических расчетов, показали возможность использования микромодулей для эффективной терморевитации зданий с целью импорто-замещения дефицитных материалов для снижения материальных и трудовых затрат при строительстве и реконструкции зданий с пониженными тепловыми потерями.

«Строительство и архитектура 07» «Исследование влияния воздушного режима, процессов переноса теплоты и массы в ограждающих многослойных конструкциях с эффективными теплоизоляционными материалами на микроклимат помещений жилых зданий». Научный руководитель канд. техн. наук Протасевич А.М. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция», научно-исследовательская испытательная лаборатория строительной теплофизики и инженерных систем зданий.

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 07» разработаны методика расчета организации удаления воздуха с обеспечением аэродинамических условий в объеме «теплого» чердака, принципиально новая конструкция оголовка вентиляционного стояка для зданий с «теплым» чердаком и принципы организации стабильного аэродинамического режима «теплого» чердака. Разработана вторая редакция раздела «Вентиляция и кондиционирование воздуха» ТКП «Ремонт и реконструкция систем отопления и вентиляции жилых зданий. Правила проектирования».

Для организации функционирования чердака как камеры статического давления и налаживания устойчивой работы систем вытяжной вентиляции предложено организовать выпуск воздуха из сборного центрального канала через горизонтальную перфорированную насадку рассредоточенными быстро затухающими струями, а из каналов-спутников – вертикальными или горизонтальными компактными струями (рис. 12).

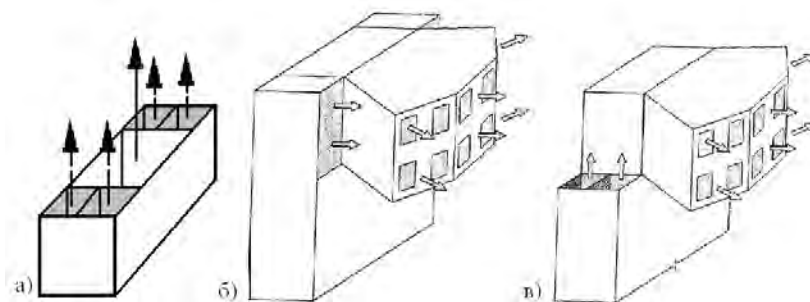


Рисунок 12 – Оголовок вытяжного канала

На рисунке изображена схема движения потоков воздуха в оголовке с горизонтальной перфорированной насадкой с вертикальным и горизонтальным выпуском из каналов-спутников. Такое конструктивное выполнение оголовка обеспечивает исключение области повышенного давления под потолком чердака, пульсации давления в каналах-спутниках, уменьшает перепады давлений между каналами-спутниками и исключает опрокидывание потоков воздуха, выходящих из них. Это позволяет упорядочить аэродинамический и тепловой режимы теплого чердака, а также интенсифицировать удаление воздуха из помещений верхних этажей, которое осуществляется через каналы-спутники. По данному предложению подана заявка на выдачу патента Республики Беларусь на изобретение «Оголовок вытяжного стояка теплого чердака здания».

«Теплый» чердак в пределах планировочной секции дома в районе лестничной клетки или машинного помещения лифта следует разделить поперечной перегородкой на две части. Поперечная перегородка имеет герметично закрывающуюся дверь. Вытяжная шахта чердака располагается в дальнем участке выделенной секции и обслуживает вентиляционные стояки, воздушные потоки от которых перемещаются, не пересекаясь друг с другом, тем самым улучшая аэродинамический и тепловой режимы.

На рис. 13 изображен фрагмент плана «теплого» чердака двухсекционного дома с предлагаемой организацией его вентиляции. «Теплый» чердак (1) в пределах планировочной секции дома в районе лестничной клетки или машинного отделения лифта (2) разделяется поперечной перегородкой (8) на две полусекции. Вытяжные шахты (7) располагаются у поперечных стен секции. Такое конструктивное исполнение чердака обеспечивает перемещение воздушных потоков от вентиляционных стояков (3, 4, 5, 6) без пересечения друг с другом к вытяжной шахте (изображены прерывистыми линиями). Это позволяет исключить турбулилизацию воздушных потоков, вихреобразование и пульсацию поля давлений в помещении чердака, уменьшить потери давления при перемещении потоков воздуха, улучшить аэродинамический и тепловой режимы чердака. На предлагаемое техническое решение по конструкции «теплого» чердака подана заявка на выдачу патента на изобретение «Крыша с теплым аэродинамическим чердаком».

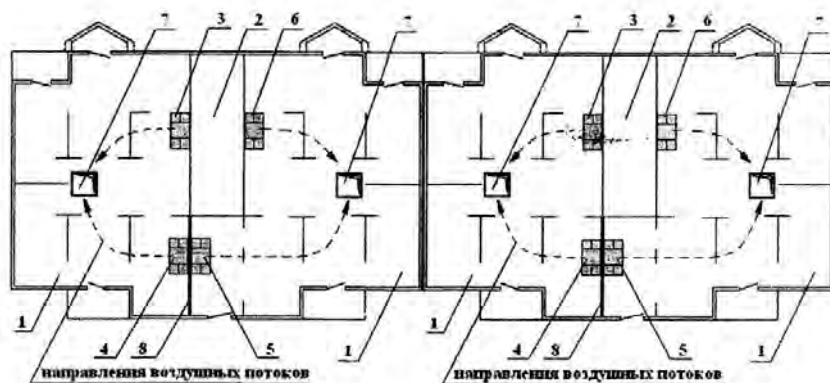


Рисунок 13 – Модернизированное исполнение «теплого чердака»

Осуществлен подбор оголовка вентиляционного стояка «теплого» чердака. Выпуск воздуха из сборного магистрального канала вентиляционного стояка рекомендуется осуществлять горизонтально через оголовок свободными рассредоточенными струями. Рассредоточенные струи

должны выходить через отверстия, расположенные в боковой панели оголовка, обращенной в сторону вытяжной шахты.

Натурные экспериментальные исследования на эксплуатируемых объектах и стендовые исследования на модели системы вентиляции здания с «теплым» чердаком показали, что максимальная скорость воздуха на выходе из отверстий панели не должна превышать $v = 1,4$ м/с, а оптимальная скорость истечения должна быть в пределах $v = 1,1 \dots 1,2$ м/с. Оптимальная скорость выхода воздуха из отверстий панели оголовка вентиляционного стояка принимается в том случае, если в чердачном помещении на расстоянии менее 2,5 м от оголовка расположены перегородки или иные массивные конструкции. Если это расстояние превышает 2,5 м, то следует принимать к расчету максимальную рекомендуемую скорость выхода воздуха.

Наиболее приемлемым является веерный выпуск воздуха из оголовка (рис. 12). Располагать отверстия на каждой стороне панели рекомендуется в шахматном порядке, что обеспечит более плавное затухание скорости потока воздуха в помещении «теплого» чердака. Оптимальный размер сечения отверстия 140×140 мм. Максимальный размер сечения отверстия рекомендуется принимать не более 200×140 мм. Минимальное расстояние между приточными отверстиями должно составлять не менее 120 мм (рис. 13).

Количество отверстий панели оголовка вентиляционного стояка определяется по формуле:

$$n = \frac{L}{3600 \times F \times v}, \quad (23)$$

где n – количество отверстий панели оголовка вентиляционного стока, штук; L – расход воздуха через насадок вентиляционного стояка, $\text{м}^3/\text{ч}$; F – площадь живого сечения одного отверстия насадка, м^2 ; v – скорость воздуха в отверстии насадка, м/с.

Результаты натурных и стендовых исследований, выполненные на жилых зданиях с «теплыми» чердаками, а также на жилых зданиях других серий, используемых в строительстве в Республике Беларусь, обобщены и приняты за основу при разработке раздела «Вентиляция и кондиционирование воздуха» Технического кодекса установившейся практики (ТКП/ОР/45-1.04-200-(02250). «Ремонт и реконструкция систем отопления и вентиляции жилых зданий. Правила проектирования», выполняемого по заказу РУП «Стройтехнорм» Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь. Указанный документ не имеет аналогов на территории СНГ и создается впервые.

«Строительство и архитектура 08» «Разработка термогидроаэродинамических основ создания стыковых сопряжений при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий». Научный руководитель акад. НАН Беларуси Хрусталеv Б.М. Белорусский национальный технический университет, научно-исследовательская испытательная лаборатория строительной теплофизики и инженерных систем зданий.

По результатам выполнения задания «Строительство и архитектура 08» был проведен анализ деформативно-прочностных характеристик оболочек стыковых сопряжений, заполненных флюидом, влияния воздействия температур, различных интервалов времени и цикличности в их работе, а также выявлены наиболее оптимальные геометрические параметры устройств для герметизации стыков.

В результате анализа было показано, что в оболочках значительные упругие силы возникают при небольших изменениях объема, а во флюидах изменения объема не сопровождаются возникновением упругих сил, при этом деформации, исчезающие с прекращением воздействия деформирующих сил, называются упругими, а если они не исчезают – пластичными. В соответствии с законом Гука при упругой деформации деформирующие силы и величины деформации пропорциональны друг другу. Указанные выше факторы зависят от коэффициентов объемного и линейного расширения.

Так, например, коэффициент объемного расширения ε для параллелепипеда, расширяющегося по 3-м осям, если ребра соответственно равны $x = y = z = 1$ будет:

$$\varepsilon = \frac{dx}{\alpha t} + \frac{dy}{\alpha t} + \frac{dz}{\alpha t}, \quad (24)$$

или в наиболее простом случае, когда

$$x = 1 + \alpha t; y = 1 + \beta t; z = 1 + \gamma t, \quad (25)$$

то $\varepsilon = \alpha + \beta + \gamma$,

где α, β, γ – коэффициенты линейного расширения.

Для изотропного тела, когда $\alpha = \beta = \gamma$, можно получить $dx/\alpha t = 3\alpha$, т.е. коэффициент объемного расширения равен утроенному коэффициенту линейного расширения.

Анализ влияния воздействия температур и других параметров показал, что частица флюида это не отдельная молекула, а малый по сравнению с характерными размерами элемент объема, содержащий много молекул. Анализировались ламинарные и турбулентные потоки флюидов, при которых выполнялись статистические осреднения характерных тепло-гидро-аэродинамических величин в зависимости от интервалов времени и цикличности по отношению к группе флюидов. Среднее значение некоторой функции (температура, скорость, давление и т.п.) определялись из выражения:

$$\bar{\Psi} = \frac{1}{\Delta\tau} \int_{\tau}^{\tau+\Delta\tau} \bar{\Psi}(x, \tau) dz, \quad (26)$$

где $\Delta\tau$ – период осреднения.

При определении наиболее оптимальных геометрических параметров устройства для герметизации стыков основными характеристиками для предлагаемых сопряжений стыковых элементов необходимо считать минимальные коэффициенты диффузии водяных паров, фильтрации воздуха и дождевой влаги в области контакта поверхности устройства и элементами стыкового фрагмента.

При расчетах оптимальных геометрических параметров сопряжений использовались следующие уравнения.

Уравнение, характеризующее перенос воздуха, капельной влаги в стыковом сопряжении:

$$\iiint_V \frac{\partial \rho}{\partial \tau} dV + \iint_F \rho \omega_n dF = 0, \quad (27)$$

где V – объем, занимаемый массой жидкости, воздуха в момент времени τ ; ρ – плотность жидкости, ω_n – нормальная составляющая скорости.

Уравнение, характеризующее закон количества движения:

$$\begin{aligned} \iiint_V \frac{\partial \rho \bar{\omega}}{\partial \tau} dV + \iint_F \rho \bar{\omega} \omega_n dF = \iiint_V \rho \bar{P} dV - \iint_F \rho \bar{n} dF + \\ + \iint_F \rho \bar{H}_n dF \end{aligned}, \quad (28)$$

где \bar{n} – внешняя нормаль к элементу поверхности dF ; ρ – давление; \bar{P} – массовая сила, отнесенная к единице массы; \bar{H}_n – напряжение трения; $\bar{\omega}$ – вектор составляющей скорости.

Уравнение, характеризующее закон сохранения энергии имеет вид:

$$\begin{aligned} \iiint_V \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\rho \left(u + \frac{\omega^2}{2} \right) \right] dV + \iint_F \left[\rho \left(u + \frac{\omega^2}{2} \right) \right] \omega_n dS = \\ = \iiint_V \rho \bar{P} \alpha dV + \iint_S \bar{H}_n \alpha dS - \iint_S \rho \bar{n} \alpha dS + \iint_S q_n dS + \iiint_V q_V dV \end{aligned}, \quad (29)$$

где u – идеальная внутренняя энергия; q_n – идеальная плотность теплового потока; q_V – объемное тепловыделение; S – энтропия единицы массы.

Для воздуха и других идеальных газов справедливо характеристическое уравнение состояния, а для реальных газов, например, уравнение Ван-дер-Ваальса.

Для разработки принципиальной технологической схемы жидкоаэродинамической системы поддержания оптимального давления в стыковых сопряжениях использовался обширный экспериментальный материал, характеризующий поведение флюидов.

При воздействии внешних факторов флюид может переходить из состояния равновесия в устойчивое «возбужденное» состояние, в котором может находиться длительное время, если внешние параметры не изменяются. Процесс самопроизвольного перехода макроскопической системы в термодинамически устойчивое состояние – это релаксация. Флюид должен иметь релаксационные свойства, если в уравнение, описывающее его реакцию (отклик) на внешние воздействия, входит

время. Любое воздействие на флюид выводит его из состояния термодинамического равновесия и приводит к самопроизвольным внутренним процессам возвращения к равновесию.

Известен математический аппарат, допускающий компактное описание ряда релаксационных явлений. При этом учитываются не только кинетические характеристики звеньев микромолекул, но и термодинамические свойства последних.

Время релаксации равно:

$$\tau = \tau_0 \cdot \exp\left(\frac{W}{kT}\right), \quad (30)$$

где τ_0 – стерический (энтропийный) фактор, с;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана; T – температура, К; W – энергия активации, $\frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}}$.

При разработке принципиальной модели жидкоаэродинамической системы обеспечения максимальной герметизации стыков использовалась схема физико-математической модели разрабатываемого стыкового сопряжения, представленного на рис. 14.

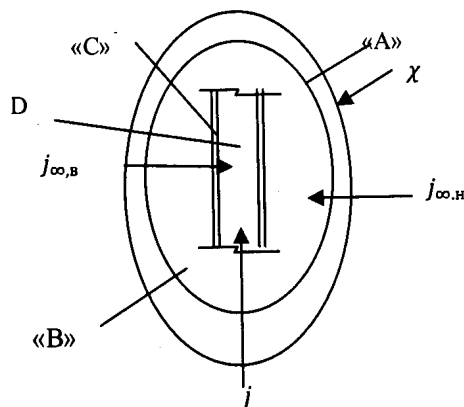


Рисунок 14 – Схема модели массопотоков стыковых сопряжений

где $j_{\infty,в}$ – диффузионно-фильтрационный поток внутреннего воздуха (более нагретой жидкости); j – поток флюида с различными термодинамическими параметрами; $j_{\infty,н}$ – диффузионно-фильтрационный поток наружного воздуха (менее нагретой жидкости); «А» – открытая неравновесная гетерогенная термодинамическая система.

«А» включает термодинамические системы «В», «С», «Д», которые также можно рассматривать как открытые и неравновесные. Принципы (технологические и др., включающие тепло-и массоперенос, термодеструкционные процессы и т.п.) исполнения данной системы (реализации ее при минимальных технико-экономических затратах) зависят от корректного физико-математического описания систем «А»-«Д». Силы, действующие во всех термодинамических системах, связаны с изменениями теплофизических характеристик жидкостей и твердых тел. Существенным фактором является эффект объемного расширения капельных и газообразных жидкостей. За уравнение состояния обычно принимается линейная зависимость удельного объема от температуры:

$$\rho = \rho_0 (1 + \beta \cdot t)^{-1}, \quad (31)$$

где ρ – значение плотности; β – температурный коэффициент объемного расширения.

Фиксация «оптимального давления» в эластичных (гибких, деформируемых) сопряжениях может быть реализована с использованием известных методик автоматического контроля и регулирования. При этом – «оптимальное давление» – это давление флюида в гидро-пневмозащитных оболочках, выполненных из деформируемых материалов, которое необходимо для обеспечения равенства массопотоков через единицу поверхности наружных ограждений в единицу времени.

Оптимальное давление в системе рассчитывается с учетом уравнения Бернулли, которое характеризует зависимость между плотностью, давлением и скоростью воздуха по периметру объекта любого профиля в виде выражения:

$$P_1 + \frac{\rho_1 \omega_1^2}{2} = P_2 + \frac{\rho_2 \omega_2^2}{2} = \dots P_i + \frac{\rho_i \omega_i^2}{2} = \text{const}, \quad (32)$$

где 1, 2 ... i – соответствующие характерные точки по периметру контура рассчитываемого элемента.

Разработка последовательности технологических операций при монтаже стыков в заводских и эксплуатационных условиях потребовала разработки технологической карты изготовления внутреннего заполнения сопряжений, а также непосредственно самой последовательности операций в условиях производства и эксплуатации.

Принципиальная технологическая карта основана на базовом стыковом сопряжении, что позволяло выполнить дифференциально-интегральный анализ различных вариантов предлагаемых конструкций, что позволяет ориентировочно определить сумму средств, которые могут быть израсходованы для уменьшения годовой стоимости инженерных систем для достижения желаемой нормы окупаемости. Решение данных задач базировалось на теории оптимального управления объектами с распределенными параметрами. При разработке последовательности технологических операций показано, что технологические операции при монтаже стыковых сопряжений современной формации включают энергетические, ремонтно-восстановительные, транспортные, складские и другие операции. В соответствии с теоремой Букингема уравнения, характеризующие технологические операции, должны быть размерно-однородными, т.е. физические размеры каждого члена в уравнении должны совпадать.

В условиях эксплуатации последовательность технологических операций включает следующие этапы:

- измерение воздухопроницаемости стыкового сопряжения;
- демонтаж стыкового сопряжения при несоответствии реальной и нормируемой воздухопроницаемости;
- монтаж вертикальных и горизонтальных гидроневокоммуникаций;
- обеспечение контакта между коммуникациями, а также средств контроля и регулирования.

Разработанные рекомендации по использованию гидротеплопневморегулируемых сопряжений включают в себя следующие основные положения.

Использование гибких, деформируемых устройств в стыковых сопряжениях возможно при изготовлении панелей, блоков и т.д. в заводских условиях, при монтаже на строительных объектах, ремонте, реконструкции зданий различного назначения.

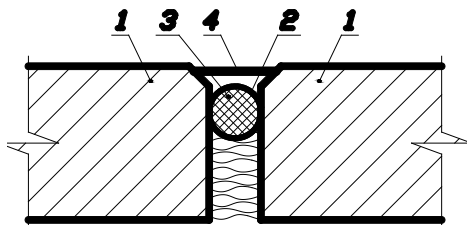
Проектирование рассчитанных и разработанных конструкций должно включать в зависимости от конкретных видов сопряжений следующие этапы:

- Аэродинамический проект расчета массы (объема) воздуха проходящего через сопряжения различных форм, геометрических размеров строительных конструкций в зависимости от температур, скорости наружного воздуха, расстояния от поверхности земли, гидравлических и местных сопротивлений и фильтрационных характеристик заполнения стыковых сопряжений.
- Гидродинамический, термодинамический, теплотехнический проект расчета равновесного состояния флюидов внутри оболочек в зависимости от принятой технологической схемы и материалов оболочек.
- Проект расчета состояния флюидов при наличии в оболочках источников теплоты, представленных как линейные, точечные, объемные и т.д.
- Проект зависимости между объемами флюидов и флюидами, находящимися в емкостях.
- Проект расчета состояния флюидов при наличие источников изменения давления или объема.
- Проект автоматического контроля и регулирования термодинамических характеристик флюидов, наружного и внутреннего воздуха и пограничных условий у поверхностей стыковых сопряжений.

По результатам проведенных аналитических исследований и проведенных расчетов разработана конкретная конструкция стыка панелей, отличительной особенностью которой является то, что наполнитель стыкового сопряжения выполнен в виде упругой, эластичной оболочки, заполненной флюидом, в качестве которого используется воздух, капельные и газообразные жидкости, гели или пасты.

Давление или объем флюида в оболочке регулируется с помощью датчика температуры источниками изменения соответствующих параметров. Для защиты от внешних воздействий используется лист из стекловолокна. Конструкция защищаемого стыка панелей представлена на рис. 15.

Предлагаемая конструкция позволяет исключить температурные напряжения и, как следствие, появления трещин, попадания влаги и холодного воздуха в помещение, осуществлять возможность монтажа конструкции стыков в любое время суток и регулирование плотности примыкания оболочек флюидов с контактирующими поверхностями и, кроме того, снизить теплопотери в окружающую среду на 10–15 %.



1 – соединяемые панели, 2 – упругая оболочка, 3 – флюид;
4 – покрывающий лист.

Рисунок 15 – Конструкция защищаемого стыка панелей

«Строительство и архитектура 09» «Разработка оптимального взаимодействия конструкции и художественной формы многоквартирного дома в новых архитектурно-конструктивных системах». Научный руководитель д-р архитектуры Аладов В.Н. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Архитектура жилых и общественных зданий».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 09» разработана новая типология жилых домов и квартир и проектное предложение экспериментальной секции многоквартирного жилого здания с новыми типами малометражных квартир, предназначенных для расселения различных по демографическому составу семей, в том числе и сложных, с поэтажной модификацией планировочных решений зданий. Определены нижние границы площади квартир и отдельных ее помещений, разработаны нормали планировочных решений ряда экспериментальных квартир.

Предложено использование новых типов малометражных квартир: гостиничного типа, типа «студии», 1, 2 и 3-х комнатных мини-квартир с кухнями-нишами, блок-квартир для сложной семьи из нескольких поколений. Предложена поэтажная модификация планировочных решений жилых зданий (рис. 16). Проектное предложение секции с малометражными квартирами представляет для республики новый тип жилого здания и рекомендуется для массового строительства впервые. Разработанный вариант секции демонстрирует также возможность решения проблемы расселения родственных семей, состоящих из нескольких поколений.

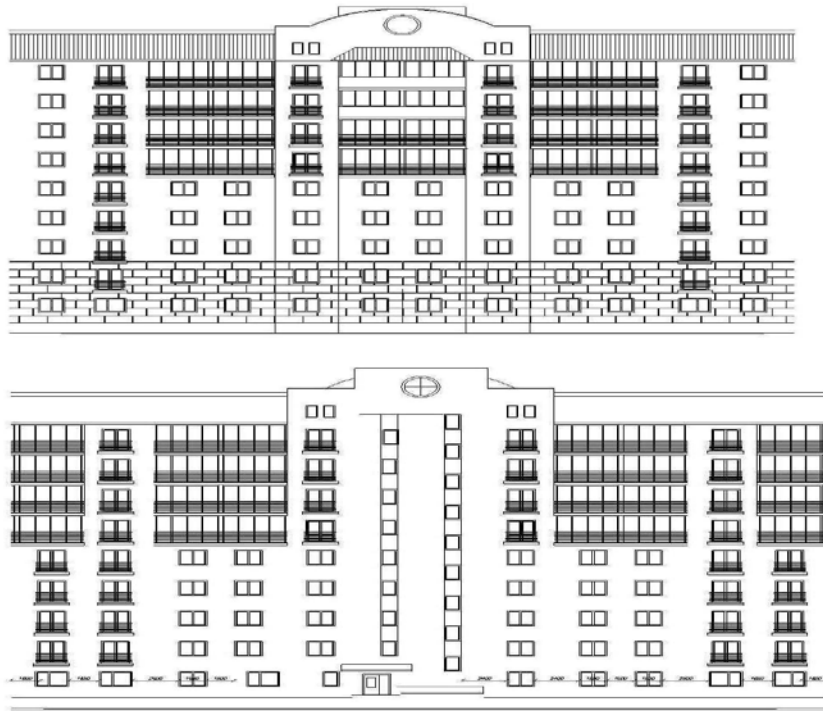


Рисунок 16 – Модификации фасадов экспериментальной секции с малометражными квартирами

Разработаны «Рекомендации по проектированию экологически обоснованных и энергетически эффективных многоквартирных жилых зданий в условиях Беларуси», включающие:

- опыт проектирования и строительства экологически и энергоэффективных жилых зданий;
- разработанную теорию экологической безопасности в архитектурной среде;
- комплекс экологических факторов окружающей среды, оказывающих влияние на формирование экологически полноценной архитектуры жилого здания;
- разработанную концепцию экосистемы жилого здания и методике системного архитектурно-экологического подхода к архитектурному проектированию многоквартирных жилых зданий как к единой энергетической системе и экологическому компоненту окружающей среды;
- сформулированные принципы и методы экологической архитектуры жилого здания;
- методические основы формирования экологически обоснованной архитектурной среды, в том числе: выбор оптимальной формы конфигурации и геометрических размеров здания с учетом его расположения в конкретной градостроительной ситуации и ориентации по сторонам горизонта, вопросы уширения корпуса жилого здания; рациональные приемы решения световых проемов и приквартирных пространств, с учетом требования освещения, инсоляции, тепло- и солнцезащиты; рациональные архитектурно-планировочные приемы, способствующие экологизации и повышению комфорта внутренней среды; энергоэкономичные архитектурные решения, рекомендованные к применению в массовом жилищном строительстве; приемы повышения архитектурно-художественных качеств многоквартирных жилых зданий с учетом объективных законов визуального восприятия объекта в условиях его градостроительного размещения и требований видеоэкологии; рекомендации по пластической обработке различно ориентированных фасадных поверхностей.

Разработана новая номенклатура предприятий и учреждений общественного обслуживания, имеющих тенденцию к максимальному приближению к жилью и рекомендуемых к размещению в структуре жилой застройки. Определены расчетные показатели площадей помещений и требования к функционально-планировочной организации и архитектурно-планировочным решениям ряда встроенных учреждений и предприятий общественного обслуживания.

Выявлены предпочтительные приемы размещения встроенных учреждений в зависимости от местоположения зданий в селитебной застройке и приемы организации входов в общественную зону здания в зависимости от его местоположения. Определены типы автостоянок и наиболее рациональные приемы их включения в структуру жилого дома.

Программа строительства малометражных квартир позволит ввести в эксплуатацию дополнительное количество квартир, не увеличивая при этом объемы строительства. Применение малометражных квартир позволяет сделать квартиру более доступной по цене, не снижая ее потребительских качеств. Планировочные решения жилых зданий с использованием малометражных квартир позволяет решить не используемые ранее в практике массового жилищного строительства приемы расселения сложных семей.

«Строительство и архитектура 10» «Исследование кинетики зарождения и развития разрушения в конструктивно-технологических надрезах арматуры железобетонных конструкций при статических и квазистатических нагружениях и разработка научно-обоснованных методов определения ее расчетных, технологических и эксплуатационных параметров с целью повышения эксплуатационной надежности железобетонных конструкций». Научный руководитель д-р физ.-мат. наук Василевич Ю.В. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Сопротивление материалов машиностроительного профиля».

Проведенные расчетные исследования по заданию «Строительство и архитектура 10» в среде ANSYS подтвердили, что изделия с использованием арматуры S400, S800, Ат500с, поставляемой с металлургических предприятий, в процессе изготовления и работы проявляют свойства, предопределяемые слоистостью строения. Основные из этих особенностей: изменение напряженно-деформированного состояния от 1-осного к 3-осному; склонность к охрупчиванию, разрушениям изделий с дефектами сварки, надрезами; разупрочнение арматурных стержней при сварочных воздействиях. Учет этих особенностей при сварке арматуры железобетонных конструкций позволит повысить надежность работы строительных конструкций, их устойчивость к трещинообразованию.

Разработана методика моделирования арматурного многослойного стержня в программной среде ANSYS. За основу для разработки базовой модели взяты ранее выявленные сечения арматурных стержней с номинальными диаметрами 12, 25 и 32 мм. Эффективность использования метода конечных элементов и достоверность результатов расчета напрямую зависит от точности описания геометрии изделия. Поэтому основным критерием при создании модели является ее максимальное приближение к стандартным размерам и форме. В свою очередь, ограниченность программных и аппаратных ресурсов вынуждает использовать упрощения путем исключения или изменения формы отдельных элементов. В случае арматурного стержня процесс моделирования усложняется несимметричностью сечения, что снижает количество путей оптимизации.

Оценочный анализ поведения моделей под нагрузкой в упругой зоне деформирования материала с учетом различий в геометрии (рис. 17) позволил определить наиболее оптимальную конфигурацию. На рис. 18 представлен принятый наиболее приемлемый вариант. Вследствие несимметричности изделия, основным критерием оптимизации является требование по уменьшению длины модели. С целью исключения эффекта внецентренного растяжения-сжатия при приложении растягивающей нагрузки торцевые поверхности должны быть симметричны в плоскости и по отношению друг к другу, т.е. исключен выход на них поперечных ребер с наружной поверхности.

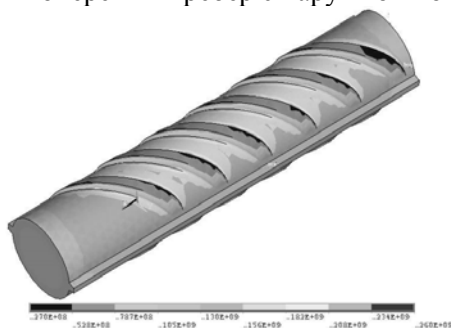


Рисунок 17 – Распределение напряженного поля по объему образца

В данном случае искажение напряженного поля наблюдается на расстоянии не более $2d$ от торцов с двух сторон стержня. Для определения степени влияния асимметрии формы достаточно центральной части образца длиной не менее 3-х расстояний между наружными поперечными ребрами ($1,5-2d$). Модель создавали в версии программы T-Flex CAD 3D v11.0.28 (рис. 19). Структура стержня хорошо заметна на продольном осевом срезе. Наружные диаметры слоев для арматурного стержня диаметром 25 мм показаны на рис. 19.

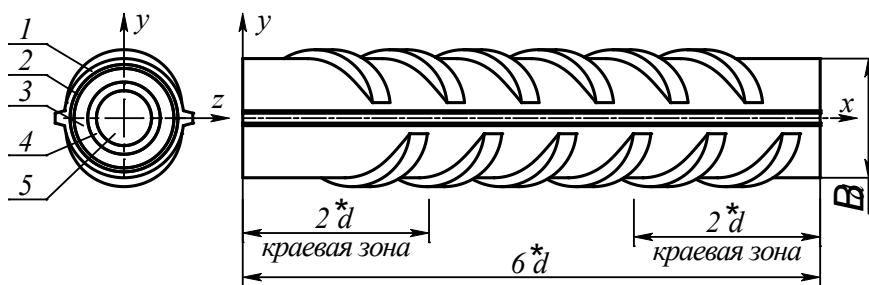


Рисунок 18 – Форма и структура твердотельной модели
1, 2, 3, 4, 5 – основные визуально различимые по объему изделия слои материала

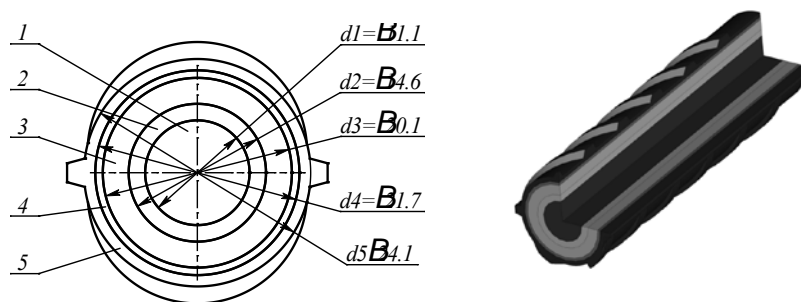


Рисунок 19 – Структура материала в поперечном сечении арматурного стержня ($d = 25$ мм)

Расчет с использованием метода конечных элементов осуществляли в программной среде ANSYS. На пробной модели цилиндрической заготовки слоистой структуры с градиентом физико-механических свойств материала по радиусу установлена неоднородность напряженного состояния по объему при осевом нагружении. Поэтому в рамках предварительного анализа поведения неоднородного материала в арматурном стержне принята схема нагружения осевым растягивающим усилием. По экспериментальным данным установлено, что в пределах отдельных слоев поведение материала можно рассматривать как пластическое, о чем свидетельствует наличие ярко выраженных площадок текучести и значительные по величине остаточные деформации. Так зависимость напряжений от относительных деформаций в данном случае трудно описать математически, а использование упрощенного набора линейных функций приводит к значительной погрешности результатов. Наиболее точным является задание непосредственно диаграмм деформирования путем введения координат ключевых точек в осях σ и ε , данный механизм описания свойств доступен в ANSYS. Однако для слоистой структуры из-за значительных отличий в значениях предела пропорциональности и длине площадок текучести могут возникнуть искажения в напряженном поле в пределах границ раздела между слоями. С целью обеспечения передачи внутренних силовых факторов между слоями использовали процедуру склейки путем выполнения соответствующей операции Булева в ANSYS. Для расчетов на прочность и жесткость с учетом пластических деформаций и при существенном градиенте напряжений в малых объемах (т.е. при наличии концентраторов) рекомендовано использовать конечный элемент (КЭ) VISCO89 с 20 узловыми точками. К достоинствам данного элемента можно отнести поддержку призматических и тетраэдральных по форме КЭ. Разбиение на сетку КЭ (рис. 20) осуществлялось в автоматическом режиме с предварительным указанием количества КЭ на характерных ребрах модели. Для слоев 1, 2, 3 и 4 использовались призматические элементы, так как тела представлены объемами простой формы. Для наружного слоя 5 вследствие развитой его поверхности при наличии острых углов в месте стыка концов выступающих ребер с цилиндрической поверхностью разбивали на тетраэдральные КЭ. Для снижения эффекта неоднородности поля напряжений в местах сопряжения поверхностей использовали измельчение сетки.

Искажение формы КЭ при разбиении модели нежелательно, так как ведет к плохой сходимости результатов. Максимальный размер элемента, не оказывающий влияния на конечный результат расчета, определялся методом последовательного изменения параметров сетки. Приращение во времени прикладываемой к образцу нагрузки производилось ступенями с постоянным шагом, равным

10 МПа распределенного усилия. Для обеспечения равномерности передачи нагрузки по всем слоям, усилия прикладывали распределенными по площади торцевых поверхностей образца (давление с обратным знаком). Максимальная величина давления принималась не выше временного сопротивления наиболее прочного слоя в образце. Для получения зависимостей результаты расчета сохранялись для каждого шага нагружения. Расчет останавливали по достижении в одном из слоев предельных значений деформаций.

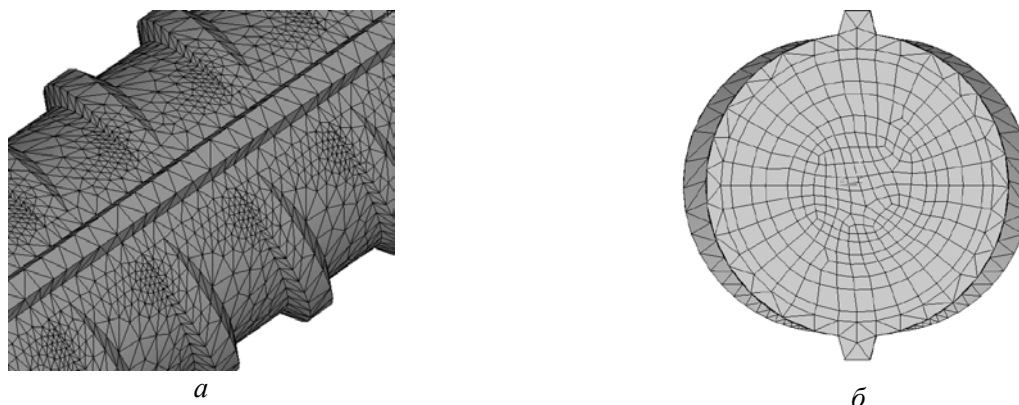


Рисунок 20 – Вид сетки КЭ для наружного слоя (а) и внутренних слоев (б)

В результате расчета по принятой модели установлено, что вследствие различий в величинах предела пропорциональности и размерах площадок текучести предельные значения деформаций наблюдаются на искусственной границе раздела между слоями (рис. 21), чего в реальном изделии не наблюдается. При этом максимальные значения нормальных напряжений в слоях значительно ниже предельных величин. В этом случае значительное влияние оказывают касательные напряжения в локальных поверхностях контакта малой толщины между соседними слоями. Границы раздела в реальном изделии не четкие, что способствует более равномерному перераспределению напряжений.

Моделирование работы на растяжение стального арматурного стержня с многослойной структурой представляет сложную многофакторную задачу. Представленную расчетную модель можно рассматривать как вариант отработки методики моделирования в программной среде ANSYS. При этом актуальным являются вопросы сопряжения смежных слоев (например, введение промежуточных слоев, моделирование непрерывности свойств слоев с использованием математических зависимостей, экспериментальное определение физико-механических характеристик слоев, учет дефектов сварки, надрезов; разупрочнения арматурных стержней при сварочных воздействиях и т.д.).



Рисунок 21 – Деформации в осевом направлении образца (серый цвет – предельные значения, напряжения 350 МПа)

«Строительство и архитектура 11» «Разработка автоматизированной технологии термообработки бетона при возведении монолитных конструкций, насыщенных арматурой, обеспечивающей оптимизацию режимов прогрева, повышение качества и снижение себестоимости продукции». Научный руководитель д-р техн. наук Леонович С.Н. Белорусский национальный технический университет, научно-исследовательская лаборатория «Промышленное и гражданское строительство», кафедра «Технология строительного производства».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 11» выполнены экспериментальные исследования, позволившие разработать методику автоматизированного расчета и проектирования режимов прогрева, способствующих сокращению продолжительности работ и затрат энергоресурсов. Разработана технологическая карта на применение технологии бетонных работ с электропрогревом в зимних условиях при строительстве монолитных конструкций в г. Минске.

Технологическая карта содержит:

- скорректированные с учетом производственного опыта составы модифицированных бетонов; указания по технологии и организации бетонных работ для монолитных железобетонных конструкций в различных температурных условиях (до минус 25°C);
- указания по электропрогреву проводами монолитных перекрытий; мероприятия по контролю качества работ и ухода за бетоном;
- методику расчета и подбора нагревательных проводов, мощности трансформатора;
- потребность в материально-технических ресурсах;
- безопасные методы и условия труда.

Требования технологической карты распространяются на монолитные железобетонные конструкции: балки, плиты перекрытий, колонны и диафрагмы жесткости. Область применения конкретного состава определяется в соответствии с предполагаемой среднесуточной температурой окружающей среды и видом бетонируемого элемента. Разработаны рекомендации по уходу за бетоном и контроль качества работ. Исследования проведены в производственных условиях строительных площадок ОАО «Минскпромстрой».

«Строительство и архитектура 12» «Исследование свойств объемно-гидрофобизированных строительных материалов, разработка технологии их получения и технической документации применения в ремонтно-строительном производстве». Научный руководитель канд. хим. наук Щукин Г.Л. Белорусский государственный университет, кафедра неорганической химии.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 12» установлено, что сохранение гидравлической активности и реализация процесса самоактивации цемента при хранении может быть достигнута при их помоле в присутствии избирательных поверхностно-активных веществ, которые адсорбируясь на зернах, способны соответственно с принципом Гиббса-Кюри-Вульфа выравнять на ней свободную поверхностную энергию и затормозить взаимодействие паров воды с активными зернами клинкера. Научная новизна полученного результата определяется новым подходом к решению вопроса активации лежалых цементов, консервации их механохимической активности, полученной при помоле клинкера, а также самоактивации гидрофобизированных цементов.

Установлено, что при помоле цемента в присутствии стеарина Т-18 на поверхности его зерен формируется пленочное покрытие островковой структуры, сплошность которой возрастает по мере увеличения концентрации гидрофобизатора в цементной массе. Водопроницаемость такого цемента также зависит от сплошности гидрофобного покрытия его зерен, которая и способствует увеличению времени хранения цемента или его транспортирование во влажных условиях.

Если цемент достаточно гидрофобен, то он на поверхности воды образует не смачивающую пленку, которая в зависимости от сплошности гидрофобного покрытия может сохраняться длительное время.

Замечено, что для взаимодействия воды с поверхностью гидрофобизированного цемента важна не только сплошность гидрофобного покрытия, но и ее разрушение в процессе изготовления цементного теста. В то же время зерно цемента с островковой гидрофобной пленочной структурой реагирует с водой по дефектным местам, разрывает гидрофобные образования. При этом изолирующее гидрофобное покрытие теряет свое значение в процессе гидратации и схватывания цементного теста.

Установлено, что в процессе помола цемента в присутствии 1 % стеарина Т-18 его зерно покрывается малодефектной гидрофобной пленочной структурой, которая практически исключает взаимодействие поверхности цемента с водой затворения. Смачивание сильно загидрофобизированного цемента можно ускорить за счет введения в воду затворения 0,2 % неионогенного поверхностно-активного вещества (ПАВ) – оксиэтилированного нонилфенола, который практически не влияет на кинетику формирования кристаллических структур высоко- и низкоосновных гидросиликатов. Кроме того, показано, что гидрофобизированный стеарином цемент после хранения в течение 3 месяцев во влажной (87 % относительной влажности) атмосфере практически не теряет свою активность. При этом скорость набора прочности возрастает на 10-15 %

Наблюдаемый эффект, очевидно, обусловлен самоактивацией цемента, которая может быть объяснена присутствием микротрещин в твердом теле при адсорбции на их поверхности веществ другой химической природы. В частности, сущность поверхностных явлений, возникающих при адсорбции, состоит в том, что при реализации этого процесса вступают во взаимодействие две соприкасающиеся фазы с образованием пограничного слоя, отделяющего одну фазу от другой и определяющие поверхность раздела фаз. Эта поверхность обладает значительной поверхностной энергией, чем и отличается по своим физико-химическим свойствам от внутренних частей обеих фаз.

Определено, что помол цемента в присутствии гидрофобизирующей добавки стеарина Т-18 сопровождается дроблением зерна, его аморфизацией с разрушением связей в его кристаллической структуре и формированием на поверхности полученной высокодисперсной смеси островкового гидрофобного образования, которое затрудняет адсорбцию влаги и взаимодействие ее с активными компонентами цемента, т.е. консервирует его гидравлическую активность.

«Строительство и архитектура 15» «Разработка теоретических основ химической модификации цементного бетона для целенаправленного регулирования его физико-механических свойств». Научный руководитель канд. хим. наук Юхневский П.И. Белорусский национальный технический университет.

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 15» разработан метод определения дипольных моментов добавок пластификаторов цементных композиций, позволяющий оценить долю электростатической составляющей в механизме пластификации.

Проведено квантово-химическое моделирование взаимодействия трехкальциевого силиката с водой, а также взаимодействие гидросиликата с полиметиленафталинсульфонатным суперпластификатором С-3. Расчеты показали возможность образования большого количества структур, в которых не происходит связывания всех сульфо-групп гидратированной поверхностью трехкальциевого силиката, отдельные сегменты молекул оказываются ориентированными в объеме жидкой фазы. Квантово-химические расчеты свидетельствуют о том, что добавка С-3 значительно прочнее связывается с поверхностью алита, чем молекулы воды и способна вытеснять последние с поверхности. Полученные данные имеют важное значение для разработки механизма пластификации цементных композиций.

Разработан метод определения дипольных моментов порошкообразных добавок пластификаторов для бетонов. Метод основан на измерении диэлектрической проницаемости (ϵ) вещества. Считается, что при наложении электрического поля на диэлектрик его полная поляризация P складывается из наведенной или индуцированной поляризации P_m и ориентационной поляризации P_{op} и связана с дипольным моментом (μ) уравнением Ланжевена-Дебая:

$$P = P_m + P_{op} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \cdot \frac{M}{d} = \frac{4}{3} \pi N_A \left(\alpha + \frac{\mu^2}{3kT} \right), \quad (33)$$

где M – молекулярная масса; d – плотность; α – поляризуемость молекулы; N_A – число Авогадро; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура.

Для водных растворов добавок суперпластификаторов использовали формулу для расчета дипольного момента полярного вещества в полярном растворителе:

$$\frac{4}{3} \pi N_A \frac{\mu_1^2 \cdot x_1 + \mu_2^2 \cdot x_2}{3 \cdot k \cdot T} = P_{p-pa} = \left[\frac{M_1 \cdot x_1 + M_2 \cdot x_2}{d_{1,2}} \right] \cdot \left[\frac{(\epsilon_{1,2} - 1) \cdot (\epsilon_{1,2} + 2)}{8\epsilon_{1,2}} - \frac{(n_{1,2}^2 - 1) \cdot (n_{1,2}^2 + 2)}{8n_{1,2}} \right], \quad (34)$$

где: $\epsilon_{1,2}$, $n_{1,2}$, $d_{1,2}$ – соответственно диэлектрическая проницаемость, показатель преломления и плотность раствора химдобавки; M_1 и M_2 – молекулярные массы растворителя (воды) и растворимого вещества; x_1 и x_2 – их мольные доли; P_{p-pa}^{op} – ориентационная поляризация раствора.

Для нахождения постоянного дипольного момента молекулы добавки измеряли диэлектрическую проницаемость исследуемого вещества при нескольких температурах. По формулам (33, 34) находили соответствующие значения молекулярной поляризации P и наносили их на график как функцию от $1/T$. Поскольку плотность порошковых добавок при незначительном нагреве не изменяется, множитель M/d в уравнении (33) не учитывали, а строили зависимость $(\epsilon - 1)/(\epsilon + 2) = f(1/T)$ и по ней определяли угол наклона прямой к оси абсцисс (β). Величину дипольного момента рассчитывали по формуле:

$$\mu = \sqrt{\frac{9 \operatorname{tg} \varphi \cdot \epsilon_0 \cdot k}{N_A}} \quad (35)$$

Для измерения диэлектрической проницаемости химических добавок использовали ячейку в виде плоского конденсатора, погружаемого в пробу добавки. Измерения емкости ячейки осуществляли с использованием прибора «Измеритель иммитанса Е7-15». Частота измерений – 100 Гц, выбор диапазона – автоматический.

Диэлектрическая проницаемость смеси порошок-воздух и момент диполя добавки приведена в табл. 1., а показатели свойств добавок в растворах – в табл. 2.

Таблица 1

Суперпластификатор Мельмент F 10- порошок			
Температура, °С	Емкость ячейки, нФ	Диэлектрическая проницаемость смеси порошок-воздух ϵ_{12}	Момент диполя, D
5	0,046	2,566	10,33
20	0,047	2,584	
Суперпластификатор С – 3 - порошок			
Температура, °С	Емкость ячейки, нФ	ϵ_{12}	Момент диполя, D
5	0,047	2,584	9,74
20	0,050	2,636	

Таблица 2

Наименование добавки	Плотность, г/см ³	Показатель преломления при 20 °С, $n_{1,2}$	Момент диполя молекулы, D ¹
Гиперпластифика тор ГП-03	1,051	1,3827	14,1/8,8
Гиперпластифика тор Стахемент 2000	1,060	1,3822	7,4/10,6
Пластификатор Стахемент F	1,146	1,4044	5,9/7,3

¹Расчеты выполнены для молекулярной массы: над чертой – ГП-03 50000, Стахемент 2000 – 15000, Стахемент F – 10000 г/моль, под чертой – ГП-03 20000, Стахемент 2000 – 30000, Стахемент F – 15000 г/моль.

Применительно к химическим добавкам значение дипольного момента молекулы позволяет оценить вклад электростатической составляющей в величину основного эффекта действия добавки пластификатора. В перспективе дипольные моменты молекул могут использоваться в качестве одного из параметров для идентификации химических добавок.

Для моделирования взаимодействия гидратированной поверхности алита с молекулами воды выбран фрагмент структуры (кластер), состоящий из 58 атомов. Свободные валентности кластера, принадлежащие ионам кислорода, замыкались атомами водорода, а принадлежащие ионам кальция – гидроксильными группами. Это соответствовало гидратированному алиту. Заряд кластера равнялся нулю. Его координаты в процессе расчетов фиксировались. Это равносильно, так называемому, «приближению жесткой поверхности» и приводит к переоценке энергий взаимодействия молекул с поверхностью, так как не учитывается ее начальная релаксация. В данном случае при отсутствии взаимодействия с добавками ионы кальция будут смещены ниже плоскости ионов кислорода, что частично уменьшает их координационную ненасыщенность.

Расчеты выполнены с помощью базисного набора STO-3G*. Данный базисный набор позволяет корректно описывать структурные характеристики сульфатов, силикатов и связей, образованных ионами кальция. Использовалась программа GAMESS. Все геометрические параметры молекул воды оптимизировались до достижения минимума полной энергии. Схема взаимодействия поверхности алита ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) с молекулами воды, полученная с помощью квантово-химических расчетов приведена на рис. 22.

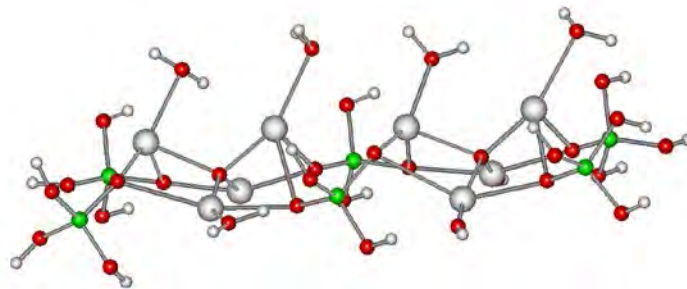


Рисунок 22 – Схема взаимодействия трехкальциевого силиката с водой

Расчеты показали, что на один поверхностный ион кальция приходится одна молекула воды, т.е. рассматриваемый фрагмент поверхности взаимодействует с большим выигрышем в энергии с 4 молекулами воды. При добавлении в систему большего количества молекул воды, они будут связываться с атомами кислорода молекул воды и кластера водородными связями, при этом выигрыш в энергии существенно меньше. Средняя энергия взаимодействия «молекула воды – поверхностный ион кальция» (энергия связывания), приходящаяся на 1 молекулу воды, составляет порядка 190 кДж/моль. Расчеты показали, что наибольшая энергия связывания у первой молекулы воды – порядка 220 кДж/моль. Дальнейшая гидратация поверхности происходит с уменьшением энергии связывания – для четвертой молекулы она составляет 160 кДж/моль. Расстояние между атомами кислорода молекул воды составляет 0,35 нм. Полученный результат хорошо согласуется с опытными данными, когда с увеличением количества воды затворения получают менее прочные структуры.

Для моделирования гидратированной поверхности трехкальциевого силиката в процессе взаимодействия с добавкой С-3 выбран кластер, состоящий из 114 атомов. Длина кластера составила 2,5 нм. Его координаты в процессе расчетов фиксировались. Добавка С-3 моделировалась фрагментом, содержащим два звена нафталинсульфокислоты. В процессе расчетов все геометрические параметры полиметиленафталинсульфонатного суперпластификатора варьировались до достижения минимума на поверхности потенциальной энергии. Полученная в результате расчетов структура приведена на рис. 23.

Как видно из рис. 23, одна сульфогруппа взаимодействует с двумя соседними атомами кальция поверхности. При этом один из ионов кальция связан с двумя атомами кислорода сульфогруппы, а соседний с одним. Длины связей составили 0,227-0,245 нм. Заряды на атомах составили: Са – плюс 0,34, О – минус 0,24. Отметим, что заряды на атомах кислорода сульфогруппы приблизительно равны таковым на кислородах молекул воды, однако заряды на ионах кальция в случае с молекулами воды существенно меньше. Энергия связывания добавки с поверхностью алита составила 540 кДж/моль на одну функциональную группу, что существенно выше аналогичных величин для 2 молекул воды. Образовавшиеся связи S-O-Ca аналогичны таковым в сульфате кальция, устойчивом к взаимодействию с водой.

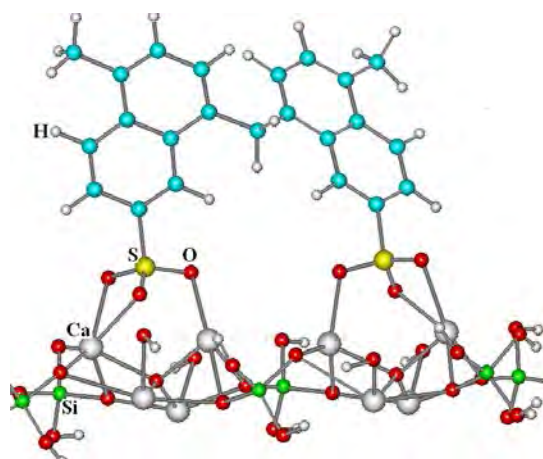


Рисунок 23 – Схема взаимодействия гидратированной поверхности трехкальциевого силиката с молекулой полиметиленафталинсульфонатного суперпластификатора С-3

Таким образом, квантово-химические расчеты свидетельствуют о том, что добавка С-3 значительно прочнее связывается с поверхностью алита, чем молекулы воды, и способна вытеснить последние с поверхности.

Сведения о структуре поверхностных соединений образованных атомами добавки позволили провести анализ ее взаимодействия с более протяженными кластерами, моделирующими поверхность. Расчеты показали, что вероятно образование большого количества структур, в которых не происходит связывания всех сульфо-групп гидратированной поверхностью трехкальциевого силиката, отдельные сегменты молекул оказываются ориентированными в объем жидкой фазы.

Таким образом, электростатическая составляющая пластифицирующего эффекта добавки, характеризуемая величиной дипольного момента молекулы и энергией связи функциональной группы с гидролизованной поверхностью цемента, обеспечивает пластифицирующий эффект как за счет выталкивания молекул воды из адсорбционного слоя на зернах цемента, так и за счет электростатического взаимодействия свободных функциональных групп на сегментах добавки в диффузном слое.

Ранее было установлено, что эпоксигруппы алифатической смолы ДЭГ-1 способны к взаимодействию с нитрит-ионами с раскрытием эпоксидцикла. В этой связи представляло интерес исследовать влияние продукта нитронметинирования смолы ДЭГ-1 и продукта конденсации хинона и смолы ДЭГ-1 на свойства цементных композиций.

В результате исследований установлено:

- в процессе нитронметинирования смолы ДЭГ-1 получены продукты с большим содержанием спиртовых групп $R-\overset{-}{O}\overset{+}{H}$ и новыми свойствами группы NO_2^- , что позволяет вводить добавку в большем количестве и повысить ее пластифицирующую способность;
- продукты с функциональными группами, способными образовывать нерастворимые соединения с ионами Ca^{2+} (продукт конденсации смолы ДЭГ-1 и анион-радикалов гидрохинона) в меньшей степени способны к десорбции с частиц цемента и в большей степени замедляют его гидролиз и твердение;
- свойства нитрогруппы определяют способность добавки к образованию комплексов с продуктами гидратации цемента и степень замедления твердения, а способность нитрогруппы к изомеризации снижает ее влияние на темп твердения цементного геля;
- увеличение степени разветвленности молекулы химической добавки, как и ее молекулярной массы, повышает пластифицирующую способность добавки;
- регулированием свойств химической добавки на стадиях ее приготовления и введения в бетонную смесь удастся планировать и процессы ее воздействия на свойства цементных композиций (продукт конденсации анион-радикалов гидрохинона с алифатической эпоксидной смолой ДЭГ-1).

Строительство и архитектура 16» «Разработка рецептуры и технологии изготовления краски для разметки автомобильных дорог на основе отходов промышленных предприятий». Научный

руководитель Ковчур С.Г. Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет», кафедра охраны труда и промэкология.

По результатам исследования по заданию «Строительство и архитектура 16» скорректированы технологические регламенты и технические условия изготовления белой, желтой и оранжевой краски для разметки автомобильных дорог.

В лабораторных условиях проведены технические испытания белой, желтой и оранжевой краски для разметки автомобильных дорог. Условная вязкость краски определялась в соответствии с ГОСТ «Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости». Для определения вязкости использовался вискозиметр ВЗ-4. Массовая доля летучих и нелетучих веществ определялась в соответствии с ГОСТ «Материалы лакокрасочные. Методы определения массовой доли летучих и нелетучих твердых и пленкообразующих веществ». В лабораторных условиях определена термостойкость лакокрасочного покрытия. Образец асфальтобетона с высушенным покрытием помещался в термостат и нагревался при температуре и продолжительности нагревания, установленных в технических условиях на краску. Покрытие после испытания должно удовлетворять по внешнему виду и прочности пленки при изгибе и ударе требованиям технических условий. Определялась также адгезия краски к асфальтобетону и цементобетону. Продолжительность высыхания определялась временем, за которое испытуемый материал, нанесенной на пластинку слоем определенной толщины, приобретает степень высыхания при заданных условиях сушки. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

В лабораторных условиях определялась устойчивость лакокрасочных покрытий к различным реагентам. Водостойкость – способность лакокрасочного покрытия выдерживать без изменения воздействие воды. Краску наносили на две металлические пластинки размером 50x100 мм. Определялась также устойчивость пленки к действию 10 %-ного раствора поваренной соли, 5 %-ного раствора аммиака и 5 %-ного раствора серной кислоты. Испытание пленок краски на атмосферостойкость проводилось в аппарате искусственной погоды с перепадом температуры от -45°С до +40°С при 100 %-ной влажности. Покрытие наносили на керамические пластинки. Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Таблица 3 – Результаты испытаний физико-механических свойств краски

Технический показатель	Стандартный образец	Образец краски с использованием промышленных отходов		
		Белая краска	Оранжевая краска	Желтая краска
Условная вязкость при 20±2°С, с	40-50	41-43	42-44	41-43
Массовая доля нелетучих веществ, %	58-60	59	60	60
Растекаемость при 140°С, мм	4-5	4	4	5
Температура размягчения, °С	70-75	72	75	73
Адгезия к: асфальтобетону, МПа цементобетону, МПа	7 10	7 10	8 11	7 10
Время высыхания, мин	15-20	15-20	15-20	15-20

Таблица 4 – Физико-химические свойства пленок дорожной разметочной краски

Технический показатель	Стандарт-ный образец	Образец краски с использованием промышленных отходов.		
		Белая краска	Оранжевая краска	Желтая краска
Устойчивость пленки к статическому воздействию 10 %-ного раствора NaCl (час)	110	108-109	108	107
Устойчивость пленки к статическому воздействию 5 %-ного раствора H ₂ SO ₄ (час)	90	88	87	87
Атмосферостойкость (месяц)	7	8	9	8

В результате испытаний установлено, что по техническим показателям разработанная дорожная разметочная краска соответствует требованиям СТБ 1089-97 «Эмали для горизонтальной разметки автомобильных дорог», СТБ 1231-2000 «Разметка дорожная», ТУ РБ 811000117-2001 «Краска водно-дисперсионная для разметки автомобильных дорог».

В составе краски используются неорганические отходы ПО «Нафтан-Полимир», неорганические отходы станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей, что снижает ее стоимость на 8-10 %. Новый состав краски имеет следующие преимущества: полная замена или существенное сокращение расхода дефицитных компонентов (эпоксидная смола, пигменты, наполнители); утилизация промышленных отходов, позволяющая значительно улучшить экологическую ситуацию на предприятиях и снизить затраты на природоохранные мероприятия.

«Строительство и архитектура 17» «Разработка научно-технологических основ получения химических добавок полифункционального назначения на основе гексафторсиликатов двухвалентных металлов для бетона». Научный руководитель д-р техн. наук Кузьменков М.И. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра «Химическая технология вяжущих материалов».

В рамках задания «Строительство и архитектура 17» разработан и оптимизирован состав комплексной химической добавки для объемной обработки бетона, состав которой следующий (% от массы цемента): гексафторсиликат магния – 0,1, нитрит натрия – 1,0. Изучены процессы, происходящие при объемной обработке бетона. Установлено, что гексафторсиликат магния вызывает изменение механизма гидратационно-кристаллизационных процессов, обусловленных взаимодействием гексафторсиликата магния с трехкальциевым силикатом, приводящее к образованию 2CaO·SiO₂, который характеризуется низким темпом набора прочности. Введение водорастворимых солей щелочных и щелочноземельных металлов снижает термодинамическую вероятность протекания указанной реакции, способствуя формированию структуры камня, за счет образования гидросиликатов кальция. В результате взаимодействия Ca(OH)₂, образующегося вследствие гидролиза алита с гексафторсиликатом магния и быстрого протекания кристаллизации новых фаз, увеличивается плотность бетона и, как следствие, достигается снижение водопоглощения примерно на 25 %, повышение прочности ~ в 2,5 раза, морозостойкости на 2 марки, увеличивается коррозионная стойкость бетона. Разработана технологическая схема производства комплексной химической добавки на основе гексафторсиликата магния и водорастворимых солей щелочных и щелочноземельных металлов для объемной обработки бетона.

Ранее было установлено, что введение гексафторсиликата магния в состав бетонной смеси приводит к замедлению сроков схватывания цементного камня. Целью исследований на данном этапе является исследование физико-химических процессов, протекающих в системе «гексафторсиликат магния – растворимые соли щелочных и щелочноземельных металлов – вода», и разработка составов химических добавок комплексного действия в бетон на гексафторсиликата магния и солей щелочных и щелочноземельных металлов для улучшения его эксплуатационных свойств. В настоящее время для достижения раннего схватывания и твердения цементов предложено множество химических добавок, среди которых наибольшее распространение получили хлориды кальция, натрия и железа, нитриты и нитраты натрия, сульфаты натрия и алюминия, поташ и многие другие. Ускорители схватывания и твердения бетона вводились в воду затворения в количестве от 0,1 до 2,0 % от массы цемента. Гексафторсиликат магния вводился в цементно-песчаную смесь в количестве 0,1, 0,2 и 0,3 %

от массы цемента, т.к. при введении таких количеств $MgSiF_6$ наблюдается наименьший разупрочняющий эффект. Результаты испытания образцов на прочность при сжатии представлены в таблицах 5-9.

Из приведенных экспериментальных данных видно, что наилучшие прочностные показатели достигаются с добавлением 0,5 % K_2CO_3 , 2,0 % KNO_3 , 0,3 % $CaCl_2$, 0,3 % Na_2SO_4 , 1,0 % $NaNO_2$ в присутствии 0,1 % $MgSiF_6$.

Таблица 5 – Зависимость прочности на сжатие образцов бетона от количества добавок K_2CO_3 и $MgSiF_6$

Количество добавки, % от массы цемента		Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут.		
K_2CO_3	$MgSiF_6$	3	7	28
Контрольный образец (без добавок)		4,10	8,18	10,71
0,1	0,1	6,20	10,32	16,83
0,3		7,02	9,33	19,40
0,5		6,07	11,93	20,75
1,0		4,09	9,13	12,89
1,5		5,93	8,21	16,41
2,0		5,58	9,31	16,04
0,1	0,2	3,93	6,56	10,65
0,3		2,95	9,18	11,98
0,5		1,54	10,50	12,91
1,0		1,11	5,76	8,84
1,5		3,52	7,36	7,59
2,0		2,39	6,53	11,34
Количество добавки, % от массы цемента		Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут.		
K_2CO_3	$MgSiF_6$	3	7	28
0,1	0,3	2,57	8,74	11,70
0,3		3,53	6,69	10,61
0,5		2,51	7,01	12,81
1,0		0,75	4,98	6,04
1,5		1,31	7,34	11,16
2,0		1,48	7,85	12,83

Таблица 6 – Влияние KNO_3 и $MgSiF_6$ на прочность образцов бетона

Количество добавки, % от массы цемента		Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут.		
KNO_3	$MgSiF_6$	3	7	28
Контрольный образец (без добавок)		4,10	8,18	10,71
0,1	0,1	4,63	6,39	13,04
0,3		4,88	5,08	7,77
0,5		4,93	6,32	10,83
1,0		5,11	4,89	13,96
1,5		5,48	7,78	12,95
2,0		8,3	7,50	20,53
0,1	0,2	1,47	6,01	8,58
0,3		1,55	5,97	13,06
0,5		2,03	6,72	8,93
1,0		4,01	9,34	18,93
1,5		4,98	6,49	11,26
2,0		6,23	6,44	12,46
0,1	0,3	2,57	8,16	–
0,3		3,55	7,29	–

0,5		3,33	8,35	–
1,0		4,28	8,78	–
1,5		4,48	8,07	–
2,0		4,64	9,3	–

Таблица 7 – Зависимость прочности на сжатие образцов бетона от количества добавок NaNO_2 и MgSiF_6

Количество добавки, % от массы цемента		Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут.	
NaNO_2	MgSiF_6	3	7
Контрольный образец (без добавок)		4,10	8,18
0,1	0,1	1,78	11,06
0,3		2,99	10,70
0,5		3,01	10,76
1,0		4,07	14,27
1,5		3,27	8,51
2,0		3,50	8,01
0,1	0,2	1,49	8,65
0,3		1,55	8,89
0,5		2,55	10,14
1,0		3,70	9,10
1,5		4,49	11,29
2,0		3,48	9,83
0,1	0,3	0,81	8,96
0,3		0,77	5,66
0,5		1,13	5,65
1,0		1,23	5,11
1,5		2,17	6,42
2,0		2,27	8,39

Таблица 8 – Влияние CaCl_2 и MgSiF_6 на прочность бетонных образцов

Количество добавки, % от массы цемента		Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут.	
CaCl_2	MgSiF_6	3	7
Контрольный образец (без добавок)		4,10	8,18
0,1	0,1	3,28	6,96
0,3		5,61	9,13
0,5		3,86	6,08
1,0		3,58	6,87
1,5		4,33	8,23
2,0		5,06	8,09
0,1	0,2	3,50	7,02
0,3		2,81	6,09
0,5		4,58	10,56
1,0		3,80	8,05
1,5		4,05	6,41
2,0		4,29	8,89
0,1	0,3	2,29	4,95
0,3		1,00	5,94
0,5		1,75	6,84
1,0		3,05	8,68
1,5		3,24	5,50
2,0		4,13	5,81

Таблица 9 – Зависимость прочности образцов бетона от количества добавок Na₂SO₄ и MgSiF₆

Количество добавки, % от массы цемента		Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут	
Na ₂ SO ₄	MgSiF ₆	3	7
Контрольный образец (без добавок)		4,10	8,18
0,1	0,1	2,61	5,46
		3,74	8,58
		3,03	5,94
		3,61	6,41
		4,13	8,39
		3,86	5,80
0,2	0,2	4,08	8,01
		5,89	9,08
		4,30	6,34
		5,51	8,28
		3,05	7,11
		5,60	7,98
0,3	0,3	1,98	6,38
		4,18	7,22
		1,70	7,41
		3,79	7,06
		3,09	7,88
		3,96	7,29

В табл. 10 представлены результаты испытания образцов бетона на сжатие без добавки гексафторсиликата магния. Установлено, что в присутствии добавок-ускорителей твердения и гексафторсиликата магния прочность на сжатие образцов бетона увеличивается по сравнению с контрольными образцами в 1,7-2,5 раза, в то время как прочность образцов с введением лишь добавок-ускорителей твердения возрастает в 1,4-1,8 раза. Это объясняется тем, что добавки-ускорители твердения взаимодействуют с цементными фазами, увеличивая скорость реакций гидратации и гидролиза клинкерных минералов, в результате чего образуются гидрасиликаты и гидраалюминаты и гидроксид кальция, т.е. в первую очередь идет формирование структуры цементного камня. Гидроксид кальция взаимодействует с гексафторсиликатом магния, в результате протекающих реакций образуются водонерастворимые соединения фторидов магния и кальция и оксида кремния, которые заполняют поры бетона.

Таблица 10 – Влияние ускорителей твердения на прочность бетонных образцов

Вид и количество ускорителя твердения, % от массы цемента	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут.		
	3	7	28
Контрольный образец (без добавки)	4,10	8,18	10,71
K ₂ CO ₃ – 0,5	9,91	11,48	15,30
KNO ₃ – 2,0	9,90	12,16	15,53
NaNO ₂ – 1,0	8,33	13,25	20,23
Na ₂ SO ₄ – 0,3	7,39	9,64	17,93
CaCl ₂ – 0,3	8,86	11,56	18,24

Эффективность работы комплексных химических добавок на основе гексафторсиликата магния и солей щелочных и щелочноземельных металлов (табл. 11) оценивалась по величине и изменению во времени показателей водопоглощения, механической прочности, морозостойкости и коррозионной стойкости.

Как видно из таблицы все предложенные комплексные добавки улучшают свойства образцов бетона. При введении в бетонную смесь 1,0 % нитрита натрия возрастает предел прочности при сжатии бетонных образцов в 1,8 раза, прочность на сжатие образцов, выдержанных в растворе NaCl – на 72 %; морозостойкость – на 1 марку. Однако при введении в бетонную смесь комплексной добавки, состоящей из 0,1 % гексафторсиликата магния и 1,0 % нитрита натрия физико-механические свойства бетона улучшаются. Указанная добавка в возрасте 28 суток повышает прочность на сжатие

цементно-песчаных образцов в 2,5 раза по сравнению с контрольными, прочность на сжатие образцов, выдержанных 28 суток в растворе NaCl – на 72 %, морозостойкость – на 2 марки, снижает водопоглощение образцов на 27 %.

Таблица 11 – Свойства образцов бетона в присутствии комплексных химических добавок

Вид и количество добавки, % от массы цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте, сут			Водопоглощение, %, в возрасте, сут.		Прочность на сжатие образцов, МПа, после выдержки в растворе NaCl, сут.		Морозостойкость, циклы
	3	7	28	7	28	7	28	
Контрольный образец	4,10	8,18	10,71	8,42	7,54	15,06	15,51	300
MgSiF ₆ – 0,1	5,08	6,40	8,90	7,16	7,11	17,21	14,16	500
K ₂ CO ₃ – 0,5	9,91	11,48	15,30	7,96	7,32	12,94	11,94	300
KNO ₃ – 2,0	9,90	12,16	15,53	7,81	7,25	15,73	13,02	400
NaNO ₂ – 1,0	8,33	13,25	20,23	7,30	6,46	13,00	10,16	300
Na ₂ SO ₄ – 0,3	7,39	9,64	17,93	7,40	6,92	13,52	12,43	400
CaCl ₂ – 0,3	8,86	11,56	18,24	7,54	6,69	18,14	14,28	400
K ₂ CO ₃ – 0,5 + MgSiF ₆ – 0,1	6,07	11,41	20,75	7,59	6,69	17,79	18,23	500
KNO ₃ – 2,0 + MgSiF ₆ – 0,1	8,30	10,50	20,53	7,66	6,61	21,34	19,91	500
NaNO ₂ – 1,0 + MgSiF ₆ – 0,1	4,37	14,27	26,81	7,93	5,47	24,75	26,68	500
Na ₂ SO ₄ – 0,3 + MgSiF ₆ – 0,1	4,74	8,58	19,93	7,19	6,68	21,65	15,56	500
CaCl ₂ – 0,3 + MgSiF ₆ – 0,1	5,61	9,13	19,00	7,73	5,75	23,36	24,94	500

«Строительство и архитектура 19» «Разработка научно-обоснованных структурно-механических моделей бетонного композита для прогноза основных характеристик свойств высококачественных бетонов с учетом собственных деформаций». Научный руководитель д-р техн. наук Тур В.В. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра «Технология бетона и строительных материалов».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 19» разработана теоретическая модель развития структуры цементного камня в присутствии модифицирующих добавок. Модель позволяет в рамках теоретических экспериментов исследовать влияние различных добавок на процессы формирования структуры цементного камня и прогнозировать некоторые свойства цементных систем в присутствии добавок. Модель может служить инструментом для управления свойствами напрягающего цемента при использовании добавок ускорителей и пластификаторов. Апробирована новая экспериментальная методика определения адсорбции пластифицирующих добавок на напрягающем цементе, не требующая сложного аппаратного обеспечения.

Теоретическая модель твердения цементного камня в присутствии добавок базируется на разработанной ранее модели гидратационного развития структуры цементного камня. Общая схема расчетной модели представлена на рис. 24.

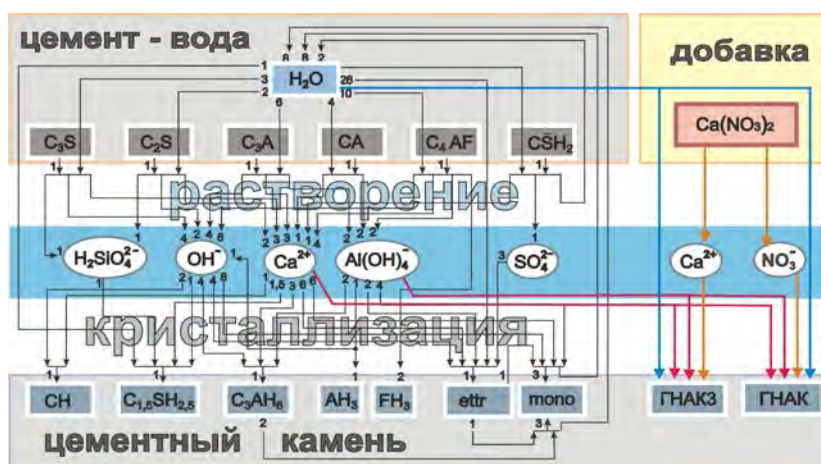


Рисунок 24 – Схема модели гидратационного развития структуры цементного камня в присутствии добавки

Исходные данные модели – минералогический состав цемента, В/Ц, температура.

Гидратация моделируется как параллельно протекающие реакции, свойственные различным минералам. Процесс гидратации каждого минерала делится на три периода (индукционный, интенсивной кристаллизации и диффузионного ограничения), в соответствии с которыми моделируются процессы:

- растворения (жидкая фаза насыщается ионами растворенных минералов);
- кристаллизации (при достижении пересыщений по соответствующим соединениям);
- диффузии.

Скорости реакций рассчитываются для каждого минерала отдельно, но с учетом общего состава жидкой фазы. Механизм реакций в основном – кристаллизационный. В ряде случаев – топохимический.

Введение добавки моделируется дополнением базового набора реакций реакциями взаимодействия добавок с клинкерными минералами.

Разработанная модель дает возможность установить расчетным путем:

- вклад добавки в состав жидкой фазы (влияние на пересыщение по Ca^{2+} и пр.);
- состав и количество новых двойных солей (в основном ГНАК, ГНАК-3);
- остаточную концентрацию добавки в жидкой фазе.

На основании этих данных оптимизируется дозировка добавки.

По стехиометрическим расчетам и с учетом кинетики реакций составляется диаграмма фазовых переходов, отражающая изменения химического состава цементного камня в процессе твердения. По данным из диаграммы рассчитываются свойства цементного камня (в основном деформации и модуль упругости).

Большинство добавок-электролитов являются противоморозными добавками. При гидратации в условиях отрицательных температур помимо химических взаимодействий цемента и добавки важно также принимать во внимание:

- изменение скорости реакций при низких температурах;
- уменьшение количества воды, доступной для гидратации, вследствие ее замерзания.

Схема расчета параметров структуры цементного камня в присутствии противоморозных добавок при гидратации в условиях отрицательных температур представлена на рис. 25.

В целом разработанная модель позволяет уточнять расходы добавок; управлять составом напрягающего цемента и оптимизировать его с учетом взаимодействий с добавкой; прогнозировать параметры структуры и свойства цементного камня с добавками в различных условиях твердения.

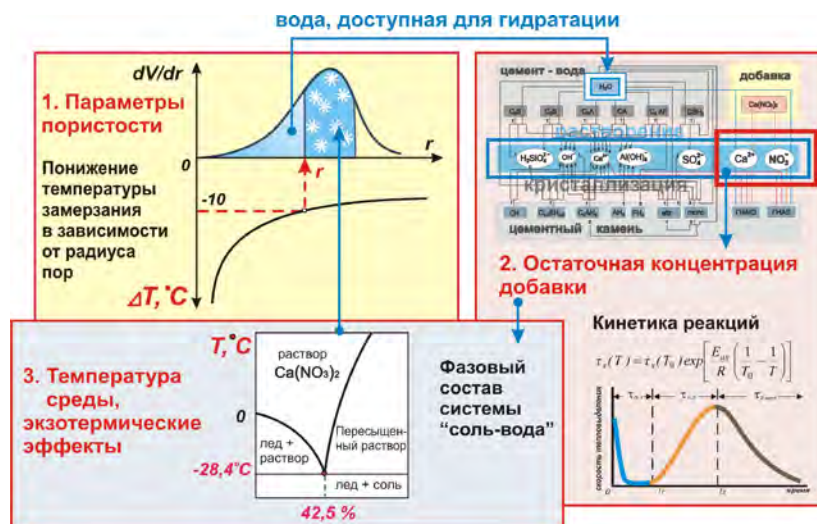


Рисунок 25 – Схема расчета параметров структуры цементного камня с противоморозными добавками

Разработана методика определения адсорбции добавок ПАВ на напрягающем цементе. Метод разработан для исследования влияния пластификаторов на структурообразование и свойства цементного камня. Суть метода состоит в определении остаточной концентрации ПАВ в вытяжке, полученной центрифугированием цементного теста с добавкой. Концентрация определяется выпариванием вытяжки после пропускания ее через водородный катионит. Величина адсорбции позволяет делать выводы об эффективности и механизме действия пластификатора.

С использованием разработанной модели, а также по результатам экспериментальных исследований установлены закономерности управления основными свойствами напрягающего цемента при использовании добавок ускорителей и пластификаторов.

При использовании добавок, изменяющих кинетику твердения (ускорители замедлители), достижение марочных показателей напрягающего цемента невозможно без корректировки состава сульфатоалюминатной части цемента. Корректировка предполагает замену модификации гипса или добавление необходимых компонентов сульфатоалюминатного комплекса (гипса или алюминатов в зависимости от механизма действия добавки).

Экспериментально при исследовании напрягающего цемента с добавкой ускорителем разработан состав (смесь напрягающего цемента, нитрата кальция, алебаstra и песка), рекомендуемый в качестве ремонтной смеси, к которой предъявляются особые требования по срокам схватывания, прочности, самоуплотнению или свободному линейному расширению.

Научная новизна и практическая значимость выполняемых исследований заключается в разработке методов управления свойствами бетона на базе теоретических моделей, исключающих длительные и трудоемкие экспериментальные исследования, направленные на получение новых высококачественных материалов.

«Строительство и архитектура 20» «Разработка теоретических основ, методов и средств моделирования неупорядоченных микро- и мезоструктур в композитных системах на базе цементных материалов». Научный руководитель канд. техн. наук Дереченник С.С. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра «ЭВМ и системы».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 20» создан новый метод построения моделей регрессии, заключающийся в минимизации интегральной квадратичной ошибки от кусочно-гладкого приближения эмпирических данных на интервале изменения фактора, с последующей оценкой качества регрессионной модели новым коэффициентом интегральной детерминации R_{DD} -квадрат. Создана новая методика определения фрактальной размерности многочастичных агрегатов типа кластер-кластер. Сущность методики заключается в предварительной оценке внутренней структуры исследуемого агрегата с тем, чтобы установить границы диапазона изменения размера ячеек, которыми затем покрывается изображение исследуемой структуры. Искомые границы зависят от максимального размера частицы в составе кластера, размера кластерного агрегата в целом, а также величины его наибольшей внутренней поровой области.

Нахождение регрессии – функциональной зависимости некоторой величины (отклика) от одной или нескольких переменных (факторов) является типичной задачей обработки данных. Для вычисления коэффициентов регрессии (в простейшем случае – линейной) обычно применяется метод наименьших квадратов (МНК), созданный в 1806 году Гауссом и Лежандром. Однако при построении моделей регрессии с нелинейной связью факторов и отклика возникают определенные сложности, поскольку применяемые обычно приемы линеаризации не всегда корректны. Сходные проблемы регрессионного анализа обнаруживаются также в случае, если эмпирические отсчеты на шкале фактора не являются равноотстоящими. В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 20» предложен и реализован подход, основанный на интегральной оценке отклонений эмпирических данных от регрессионной зависимости на всем интервале изменения фактора.

Рассмотрим однофакторную регрессию, в которой отклик $y = f(x)$ представлен в числовой шкале интервалов или отношений, а фактор x – в абсолютной безразмерной шкале. Пусть имеется выборка $\{(X_i, Y_i), X_i < X_{i+1}, i = \overline{1, n}\}$ эмпирических наблюдений, относительно которых полагаем, что $Y_i = f(X_i) + \varepsilon_i$, где случайные остатки ε_i независимы и одинаково распределены, т.е. обладают гомоскедастичностью. Ограничим возможные виды функции регрессии типовыми двухпараметрическими зависимостями: линейной $y = ax + b$, логарифмической $y = a \ln x + b$ и экспоненциальной $y = b \exp(ax)$, и доопределим исходную функцию, заданную на дискретном множестве эмпирических точек, одним из возможных кусочно-гладких приближений того же вида:

$$f^*(x) = \sum_{i=1}^{n-1} f_i^*(x),$$

$$f_i^*(x) = \begin{cases} \left[\begin{array}{l} A_i x + B_i \\ A_i \ln x + B_i \\ B_i \exp(A_i x) \end{array} \right], & X_i \leq x < X_{i+1} \\ 0, & x \in [X_i, X_{i+1}] \end{cases} \quad (36)$$

На интервале $[X_1, X_n)$ найдем интегральную квадратичную ошибку регрессии (остаточную дисперсию):

$$J_E = \int_{X_1}^{X_n} [f(x) - f^*(x)]^2 dx = \sum_{i=1}^{n-1} \int_{X_i}^{X_{i+1}} [f(x) - f_i^*(x)]^2 dx, \quad (37)$$

и полный квадрат отклонения кусочно-гладкого приближения эмпирических данных:

$$J = \int_{X_1}^{X_n} [f^*(x) - \overline{f^*}]^2 dx = \sum_{i=1}^{n-1} \int_{X_i}^{X_{i+1}} [f_i^*(x) - \overline{f^*}]^2 dx, \quad (38)$$

где интегральное среднее отклика регрессии определяется как

$$\overline{f^*} = \int_{X_1}^{X_n} f^*(x) dx / \int_{X_1}^{X_n} dx = \frac{1}{X_n - X_1} \sum_{i=1}^{n-1} \int_{X_i}^{X_{i+1}} f_i^*(x) dx. \quad (39)$$

Подобно известному коэффициенту детерминации (качества) регрессии R -квадрат, определенному на дискретном множестве отсчетов, введем более точный, определенный на интервале, коэффициент интегральной детерминации (*definite determinative*). Он вычисляется как доля полного квадрата отклонения кусочно-гладкого приближения эмпирических данных, которая объяснена регрессионной моделью:

$$R_{DD}^2 = \frac{J - J_E}{J} = 1 - \frac{J_E}{J}. \quad (40)$$

Показано, что для целого ряда двухпараметрических зависимостей возможна аналитическая минимизация интегральной квадратичной ошибки, а также найдены соответствующие аналитические

выражения для параметров линейной, логарифмической и экспоненциальной регрессий при произвольном расположении отсчетов фактора.

Корректность нового метода подтверждена на тестовых примерах. Для случая линейной регрессии с равноотстоящими отсчетами фактора, найденные этим методом оценки параметров практически идентичны оценкам, полученным с помощью классического МНК. Регрессии, найденные классическим и новым методами, отличаются более заметно в случаях нелинейной зависимости фактор-отклик, либо нерегулярного расположения отсчетов на шкале фактора.

Новый метод был практически использован для долгосрочного прогнозирования экстремальных значений временных рядов снеговой нагрузки. Одной из особенностей задачи является выраженная нерегулярность расположения отсчетов фактора, представленного в нелинейной (дважды логарифмической) шкале. На рис. 26 приведен пример анализа эмпирического вероятностного распределения годовых максимумов нагрузки на метеостанции Гродно. Регрессионному анализу подвергалась хвостовая часть распределения, включающая 12 наибольших отсчетов вариационного ряда наблюдений, с целью установления ее принадлежности к одному из двух типов – Гумбеля либо Вейбулла, которые в представленных координатах соответствуют линейной либо логарифмической модели. Выбор адекватной модели регрессии при этом чрезвычайно важен, поскольку расхождение результатов прогнозирования для различных типов аппроксимации быстро нарастает с увеличением срока прогноза.

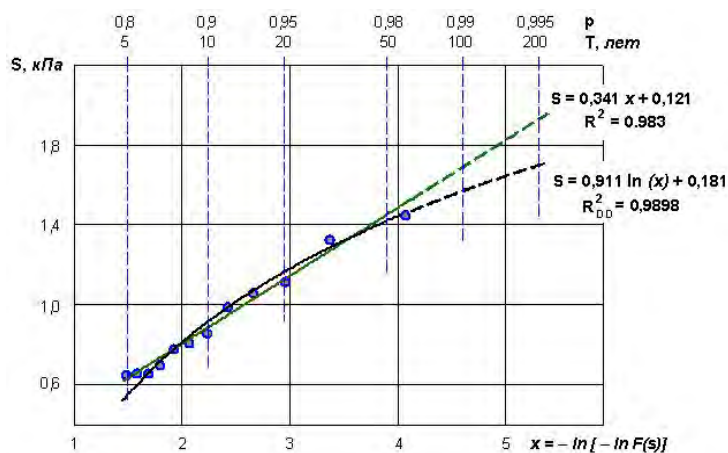


Рисунок 26 – Наилучшие аппроксимации хвостовой части вероятностного распределения годовых максимумов снеговой нагрузки на поверхности земли (метеостанция Гродно). Линейная регрессия получена МНК, логарифмическая регрессия – методом минимизации интегральной квадратичной ошибки

Классический анализ МНК приводит к выводу о наличии линейной регрессии, так как коэффициент детерминации $R^2 = 0,9745$ логарифмической модели $s = 0,85 \ln x + 0,235$ (на рис. 26 не показана) заметно ниже. Если же применить новый метод минимизации интегральной квадратичной ошибки, то предпочтительна, напротив, логарифмическая регрессия, поскольку для линейной модели $s = 0,343x + 0,122$, найденной этим же способом, $R^2_{DD} = 0,9887$.

Как в представленном случае, так и в других примерах коэффициент детерминации регрессионных моделей, получаемых минимизацией интегральной квадратичной ошибки, превышает аналогичный показатель классических моделей МНК. Кроме того, в пользу большей адекватности моделей, найденных новым методом, свидетельствует наглядно лучшее соответствие линий кривых регрессии исходным эмпирическим данным.

Формирование многих реальных физических объектов, представляющих кластерные структуры, в том числе композиционных материалов, происходит по механизму кластер-кластерной агрегации (образование коллоидных структур в результате химических реакций, твердотельных кластеров – в ходе гидратации, кристаллизации, (фото) химических реакций, спекания и др.). Полученный кластер-кластерный агрегат, как правило, является фракталом. У всех фрактальных кластеров, образующихся в природе, наблюдается непосредственная связь между их структурой и физико-химическими свойствами.

Распространенным способом анализа фрактальных свойств кластеров является расчет клеточной (Хаусдорфовой) размерности, которая определяется зависимостью площади двумерного кластера от

изменяющегося размера квадратной ячейки как меры этой площади. Результат при этом существенно зависит от диапазона изменения данного параметра.

В результате исследований моделей полидисперсных кластер-кластерных агрегатов, включающих до 40 000 частиц, определен диапазон изменения размера покрывающих кластер ячеек, необходимый для корректного вычисления Хаусдорфовой размерности. Установлено, что нижняя граница этого диапазона соответствует диаметру наибольшей частицы, составляющей агрегат. Верхняя граница диапазона – это меньшая из двух величин: либо значение, в десять раз меньшее стороны минимального квадрата, в который можно вписать весь кластер; либо значение, равное стороне наибольшего квадрата, который возможно поместить в наибольшую внутреннюю поровую область кластера. При расчете фрактальной размерности по новой методике, а именно – в указанном диапазоне размера покрывающих ячеек, учитывается влияние на фрактальные свойства кластер-кластерного агрегата его конкретной конфигурации, в том числе величины и расположения внутренних поровых пространств.

При увеличении плотности кластера искомый диапазон сужается, и уже при критической плотности 36 % его ширина составляет менее одного порядка, что позволяет усомниться как в корректности вычисления фрактальной размерности структур с более высокой плотностью, так и в принадлежности таких агрегатов к классу фракталов в целом. Примеры фрактальных агрегатов с плотностью, меньшей критической, и рассчитанные по новой методике значения их размерности представлены на рис. 27.

Научная новизна методики определения фрактальной размерности многочастичных агрегатов типа кластер-кластер состоит в том, что она позволяет учесть влияние на фрактальную размерность кластер-кластерного агрегата его конфигурации, в том числе величины и расположения внутренних поровых пространств. Методика может иметь практическое применение в исследованиях коллоидных, твердотельных и др. кластерных микро- и мезоструктур, в том числе композиционных материалов.

Научная новизна разработанного метода построения моделей регрессии заключается в том, что корректные оценки параметров линейной и ряда нелинейных форм регрессии находятся в аналитическом виде. Практическое значение нового метода состоит в повышении адекватности регрессионного анализа. Сфера и масштабы ожидаемого использования метода чрезвычайно широки, так как соответствуют сфере и масштабам применения собственно регрессионного анализа и классического МНК (например, обработка результатов научных, технологических экспериментов; статистическая обработка данных в различных областях знаний, в том числе в экономике, медицине, метеорологии и т.д.).

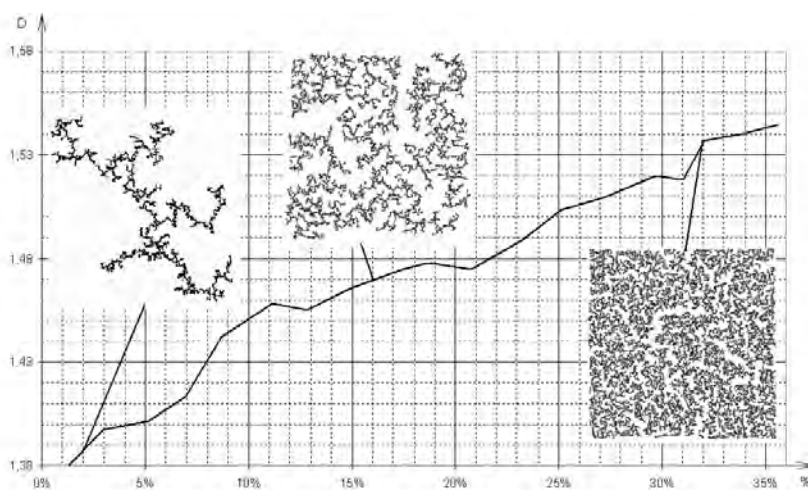


Рисунок 27 – Фрактальные характеристики кластер-кластерных агрегатов различной плотности

«Строительство и архитектура 21» «Исследование основных свойств конструкционных бетонов, модифицированных добавками, полученными на основе гуминовых веществ из отходов торфопредприятий». Научный руководитель канд. техн. наук Уласевич В.П. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра «Строительные конструкции».

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 21» изучены оборудование, технологический регламент и маршрутная карта производства торфобрикета на использование сушилки «Цемаг». В результате выполненных исследований установлены технологические зоны образования торфяных отходов и стоков (торфяного шлама), подлежащих дальнейшей утилизации до получения из них вторичного сырья – суспензии торфяных гуматов (STG) заданной концентрации. Разработаны способ и принципиальная схема утилизации торфяного шлама до получения суспензии торфяных гуматов (STG) заданной плотности и массы сухого вещества (1-я стадия утилизации), а также получен состав химических реагентов для последующей доработки STG до получения химической добавки STG-3 ТУ РБ 02071613.379-2004 (2-я стадия утилизации), механизм действия которой в структуре бетона хорошо исследован и проверен с новыми ее модификациями на цементах и составах тяжелого бетона.

Разработанная схема утилизации торфяных отходов и стоков торфопредприятия ПРУТП «Гатча-Осовское» ГПО «Белтопгаз» позволила получить добавку STG-3 с более высоким содержанием в ней растворимых органических солей – гуматов и фульватов щелочных металлов, являющихся основным активным веществом добавки и составляющих основную часть ее сухого вещества.

Для изучения влияния добавки на цементные композиции были выполнены испытания с ней портландцементов в Испытательном центре ОАО «Красносельскстройматериалы». В ОАО «Красносельскстройматериалы» были представлены для испытаний портландцементы по ГОСТ 10178 ПЦ 500-Д0, ПЦ 500-Д20 и ШПЦ 400 (граншлак 36,5 %), песок нормальный по ГОСТ 6139. Химический и минералогический состав цементов приведены в табл. 12, 13, характеристики песка – в табл. 14.

Таблица 12 – Характеристики цементов ОАО «Красносельскстройматериалы»

Марка цемента	Нормальная густота, %	Активность при пропаривании, МПа	Прочность в возрасте 28 суток, МПа	
			изгиб	сжатие
ПЦ 500-Д0	24,91	36,8	7,0	50,9
ПЦ 500-Д20	25,36	35,1	6,6	49,9
ШПЦ 400	26,18	29,5	6,7	44,3

Таблица 13 – Химический и минералогический состав цементов

Химический состав цементов, %								Минералогический состав цементного клинкера, %			
SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	n.n.n	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
ПЦ 500-Д0											
21,38	3,99	4,35	63,86	1,47	2,17	0,76	1,49	58,33	18,86	5,02	13,22
ПЦ 500-Д20											
23,36	3,54	4,70	61,71	2,11	2,35	0,86	1,13	58,33	18,86	5,02	13,22
ШПЦ 400											
26,18	3,00	5,13	57,95	3,11	2,38	0,86	1,00	58,33	18,86	5,02	13,22

Таблица 14 – Характеристики песка

Наименование показателя	Значение показателя, %
Содержание оксида кремния SiO ₂ , не менее	98
Влажность, не более	0,2
Потеря массы при прокаливании, не более	0,5

Полный остаток в % на контрольных ситах с размером стороны ячейки, мм

2	1	1	0	0	0	0
0	6	0	9	5	1	0
0	0	0	0	0	6	8
			Н	Н		
			е	е		
			б	м		
	–		о	е		–
			л	е		
			е	е		
			е	9		
			1	6		

В качестве модификатора цементных растворов была использована добавка для бетонов STG-3 ТУ РБ 0271613.379-2004 (Опытная партия) с массой сухого вещества 4,2 % от массы цемента, плотностью – 1,019 г/см³. С целью поиска оптимального расхода добавки при испытании цементов использовались дозировки добавки в % от массы цемента (в перерасчете на сухое вещество) в интервале: 0,0075; 0, 01; 0,0125; 0,025.

Исследования прочностных свойств цементно-песчаных растворов проводились в соответствии с методикой ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии». Для испытаний добавки STG-3 на прочность цементно-песчаного камня были изготовлены три серии образцов-балочек размером 40 мм × 40 мм × 160 мм на цементах ПЦ 500-Д0, ПЦ 500-Д20 и ШПЦ 400, соответственно. Образцы испытывались как в нормальных условиях твердения, так и в условиях тепловлажностной обработки (пропарка).

Анализ результатов испытаний показал, что во всем интервале испытаний в сравнении с контрольным образцом наблюдался прирост прочности, как при сжатии, так и при изгибе. Такая положительная тенденция выявлена как для образцов, твердеющих в нормальных условиях, так и для образцов, твердеющих в условиях тепловлажностной обработки (ТВО). Следует отметить, что при изгибе прирост прочности наблюдался более существенным во всем испытываемом интервале расхода добавки. Наибольший прирост прочности цементных образцов выявлен в интервале расхода добавки (0,01÷0,0125) %. В табл. 15 приведены результаты испытаний образцов цементов, твердеющих в условиях ТВО.

Таблица 15 – Результаты экспериментальных исследований цементов после пропарки

Маркировка образцов	В/Ц	Расплавы в конуса, мм	Прочность образцов, кН/см ²	
			на растяжении при изгибе	на сжатие
ПЦ Д0	0,3 7	113	5,6	46,2
ПЦ Д0 с добавкой STG-3	0,3 6	113	5,6	47,0
ПЦ Д20	0,3 8	114	5,0	35,7
ПЦ Д20 с добавкой STG-3	0,3 7	113	5,6	37,4

Испытания нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста с модификациями добавки STG-3 выполнялись согласно методике ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема». Результаты испытаний приведены в табл. 16.

Таблица 16 – Результаты испытаний нормальной густоты и сроков схватывания

Маркировка образцов	Нормальная густота, %	Начало схватывания, ч. _{мин.}	Конец схватывания, ч. _{мин.}
ПЦ Д0	27,60	2 ³⁹	3 ²⁶
ПЦ Д0 с добавкой STG-3	27,50	2 ³⁰	3 ²⁵

Полученные результаты испытаний цементов достаточно хорошо согласуются с испытаниями образцов-кубов из тяжелого бетона. Некоторые результаты испытаний контрольных (без добавки) и основных (с добавкой STG-3) приведены в табл. 17.

Выполненные в рамках задания «Строительство и архитектура 21» исследования позволяют сделать вывод о добавке для бетонов STG-3 ТУ РБ 0271613.379-2004 (Опытная партия) как об эффективном модификаторе цементных бетонов, позволяющем ускорять процесс твердения бетонных смесей на ранних стадиях твердения и в условиях ТВО, а также придавать бетону, модифицированному добавкой, повышенные защитные свойства по отношению к стальной арматуре. Это дает возможность сделать вывод о достаточности полученных экспериментальных данных для разработки СТБ с рекомендациями на использования добавки как в монолитном строительстве, так и на заводах железобетонных изделий, в том числе и при изготовлении предварительно-напряженных железобетонных конструкций. В настоящее время РУПП «Стройтехнорм» включил в план разработки на базе STG-3 ТУ РБ 0271613.379-2004 (Опытная партия) СТБ на добавку в бетон.

Таблица 17 – Прочностные свойства бетона с добавкой STG-3

Расход добавки, л на м ³ бетона (% от массы цемента в перерасчете на сухое вещество добавки)	В/Ц	Прочность при пропаривании, МПа /%		Прочность при нормальном твердении, МПа /%		
		После пропарки	После 28 сут. твердения	После 2 суток	После 7 суток	После 28 суток
–	0,410	<u>25.0</u> 100	<u>33.0</u> 100	<u>12.5</u> 100	<u>26.2</u> 100	<u>38.0</u> 100
0,854 л (0,0075%)	0,400	<u>26.8</u> 107	–	–	–	–
1,138 л (0,01 %)	0,395	<u>28.3</u> 113	<u>38.3</u> 116	–	–	–
1,423 л (0,0125%)	0,385	<u>28.8</u> 115	–	<u>15.5</u> 124	–	–
2,845 л (0,025%)	0,395	<u>31.3</u> 125	<u>38.9</u> 118	<u>17.4</u> 139	<u>29.9</u> 114	<u>46.0</u> 121
5,690 л (0,05%)	0,395	<u>28.8</u> 115	–	<u>14.5</u> 116	–	–
11,381 л (0,1%)	0,390	<u>27.3</u> 109	–	<u>14.1</u> 113	–	–

*Состав бетона: Ц:П:Щ=1:1,08:2,56; Расход цемента – 478 кг/м³.
Режим пропаривания при температуре 80°С:
3 ч – предварительная выдержка; 3 ч – подъем температуры; 6 ч – изотермическая выдержка. Материалы:
Цемент – по ГОСТ 10178 ПЦ 500-Д20 ОАО «Красносельскстройматериалы», нормальная густота – 25,36%, активность при пропаривании – 35,1 МПа;
Песок – по ГОСТ 8736 с модулем крупности 2.27, мытый – КПУП «Слонимский Дробильно-сортировочный завод»;
Щебень – по ГОСТ 8267 гранитный, наибольшей крупностью зерен до 20 мм, мытый – РУПП «ГРАНИТ» г.п. Микашевичи Брестской области;
Вода – по СТБ 1114;
Добавка STG-3 – масса сухих веществ 4,2%, рН=12,9, ρ=1019 кг/м³.*

«Строительство и архитектура 22» «Разработка научных основ энергосберегающей технологии получения стеклокристаллических покрытий для строительной керамики». Научный руководитель д-р техн. наук Левицкий И.А. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра технологии стекла и керамики.

По заданию «Строительство и архитектура 22» исследованы структурно-фазовые превращения при формировании полуфриттованных стеклокристаллических покрытий плиток для полов и установлены закономерности регулирования эксплуатационных характеристик износостойких глазурей.

Исследование с целью разработки составов глушенных глазурей белого цвета для плиток, получаемых по технологии со скоростным режимом обжига, целесообразно вести в системах, содержащих в качестве глушителя цирконсодержащие компоненты, а также оксиды кальция, магния, цинка, алюминия и некоторые другие, которые в зависимости от температуры обжига и степени пересыщения могут выделить на поверхности кристаллы таких соединений, как волластонит, диопсид, корунд. Данные кристаллические фазы обладают высокой твердостью, что будет способствовать повышению степени износостойкости покрытий, помимо этого, они имеют показатель преломления, отличный от показателя преломления стекловидной фазы, что обеспечивает матовое глушеное покрытие.

Известные составы полуфриттованных глазурей предполагают в основном использование фритты в количестве 29-35 %, что ведет к повышенным энергетическим затратам, так как для ее варки необходимы высокие температуры, составляющие 1450-1500°C. С этой целью из числа синтезированных были выбраны в качестве оптимальных по показателям микротвердости фритты марки Р и П.

Изучение фазообразования при обжиге фритт показало, что механизм этого процесса для каждой из исследуемой фритт весьма специфичен. Так, кристаллизация основной и единственной глушащей фазы – циркона при термообработке фритты Р происходит через ряд промежуточных соединений ($\text{Ca}_2\text{ZrSi}_4\text{O}_2$, ZrO_2 орторомбический и тетрагональный). Напротив, при термообработке фритты П5 уже при 1000 °С формируются две кристаллические фазы: $\text{Ca}_2\text{ZrSi}_4\text{O}_{12}$ и диопсид, которые сохраняются практически до конца процесса кристаллизации с уменьшением количества первой. Интенсивное формирование циркона происходит в интервале 1100-1200 °С, а тетрагональный ZrO_2 и α -кварц перекристаллизуются в циркон.

Таким образом, для применения в качестве сырьевой составляющей шихт для получения высокоизносостойчивых покрытий были использованы обе фритты, поскольку покрытия хорошо заглушены, имеют достаточную степень белизны, сравнительно невысокую для стеклокристаллических материалов температуру начала размягчения, что будет интенсифицировать процесс глазурирования за счет более раннего появления жидкой фазы при обжиге.

Актуальной задачей является сокращение количества ZrO_2 или полное выведение его из фритты, поэтому было проведено исследование структурных и фазовых превращений в сериях фритт Р и П, не содержащих ZrO_2 и с его половинным количеством от общего содержания в сырьевых композициях.

Установлено, что поведение фритт и сырьевых композиций при термообработке имеет значительные отличия. По данным электронно-микроскопического исследования и рентгенофазового анализа структурные и фазовые превращения во фриттах обеих серий при нагревании непосредственно связаны с их оксидным составом и присутствием цирконийсодержащего компонента.

Процесс структуро- и фазообразования у фритт серии Р в ряду $0\text{P} \rightarrow 05\text{P} \rightarrow \text{P}$ отличается тем, что при экспериментально установленной оптимальной температуре термообработки ($1150 \pm 10^\circ\text{C}$) первая представляет собой стекло, вторая и третья в качестве основной и единственной кристаллической фазы содержит циркон. Напротив, процесс структуро- и фазообразования у фритт серии П в ряду $0\text{P} \rightarrow 05\text{P} \rightarrow \text{P}$ разительно отличается тем, что первая представлена диопсидом, причем степень кристаллизации высока за счет его активного образования уже при 900°C; вторая представлена цирконом и диопсидом предположительно в равных количествах; третья, помимо вышеуказанных фаз, содержит соединение $\text{Ca}_2\text{ZrSi}_4\text{O}_{12}$. Процесс структуро- и фазообразования в сырьевых композициях с использованием фритт серий Р и П практически идентичен, что свидетельствует о преимущественной роли сырьевых компонентов, количество которых составляет 77,5 % у композиций К1–К3 и 80 % у композиций К4–К6.

Результаты рентгенофазового исследования процессов фазообразования в сырьевых композициях при нагревании в интервале температур 900-1200 °С представлены на рис. 28, 29.

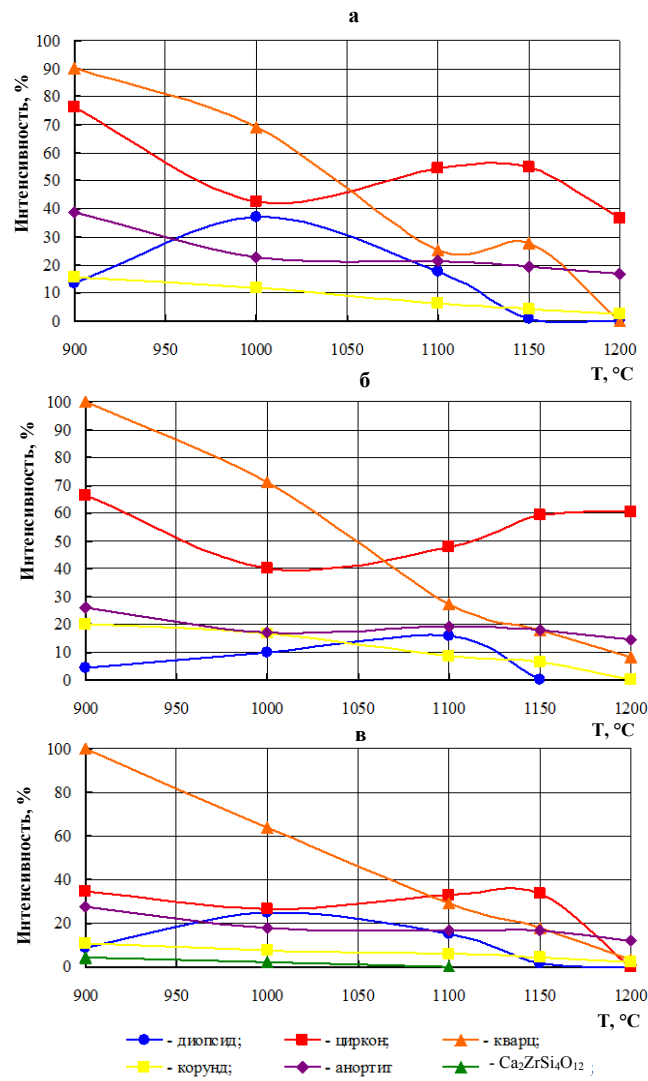


Рисунок 28 – Фазообразование в процессе термообработки сырьевой композиции К1 (а), К2 (б) и К3 (в)

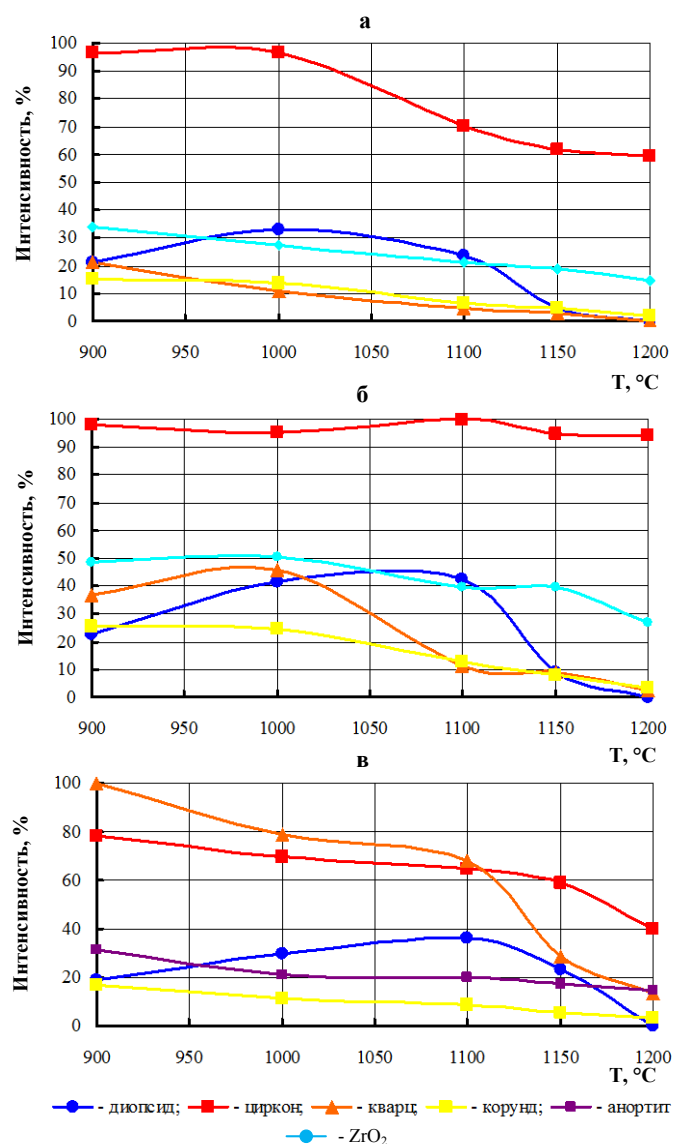


Рисунок 29 – Фазообразование в процессе термообработки сырьевой композиции К4 (а), К5 (б) и К6 (в)

Фазовый состав композиций К1–К3 с использованием фритт серии Р при оптимальной температуре представлен преимущественно цирконом ($ZrSiO_4$), триклинным анортитом ($CaAl_2Si_2O_8$) и корундом ($\alpha-Al_2O_3$). Качественный состав и количественное соотношение присутствующих фаз обеспечивают необходимую степень кристаллизации и, как следствие, высокую заглушенность покрытий.

Сравнительный анализ процессов фазообразования при термообработке сырьевых композиций К4–К6 позволил сделать заключение об идентичности процессов фазообразования, и при оптимальной температуре термообработки в образцах диагностируются циркон, диопсид, корунд и α -кварц; в образцах композиций К4 и К5 присутствует некоторое количество бадделеита; в образце композиции К6 – анортита.

Таким образом, процессы фазообразования в сырьевых композициях как с использованием фритт серии Р, так и серии П не имеют принципиальных отличий, а сочетание вышеуказанных кристаллических фаз обеспечивает уровень физико-химических свойств, требуемый нормативно-технической документацией.

С целью расширения диапазона составов износостойких покрытий нами была проведена корректировка состава Р (серия названа Г) путем увеличения количества глинозема, что потребовало снижения содержания тугоплавкой составляющей – кварцевого песка, а также частичной замены доломита на мел, поскольку CaO способствует снижению вязкости расплава, что усиливает кристаллизационную способность глазурного покрытия. Расширены пределы содержания пегматита,

как стеклообразующего компонента и установлена возможность уменьшения количества фриттованной составляющей до 20 мас. %, что позволит сократить энергетические затраты на ее высокотемпературный синтез (рис. 30).

Установлены закономерности изменения физико-химических свойств исследованных покрытий, их взаимосвязь с составами сырьевых композиций. При увеличении содержания плавней (например, пегматита) величина блеска закономерно повышается в результате повышения количества оксидов щелочных металлов. С увеличением в составе глазурной шихты количества фритты блеск покрытий также имеет тенденцию к усилению, что объясняется сравнительно низкой температурой плавления фритты (1000°C), способствующей более раннему образованию жидкой фазы и вовлечению в стекловидную матрицу остальных составляющих сырьевой композиции глазури. На основании комплексного исследования покрытий серии Г в качестве оптимального выбрано покрытие Г14, фазовый состав которого при оптимальной температуре термообработки (1150±10°C) представлен также цирконом ($ZrSiO_4$), анортитом ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), диопсидом ($CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$), α -корундом (Al_2O_3), присутствует небольшое количество α -кварца. Качественный фазовый состав оптимальных стеклокристаллических покрытий представлен в табл. 18.

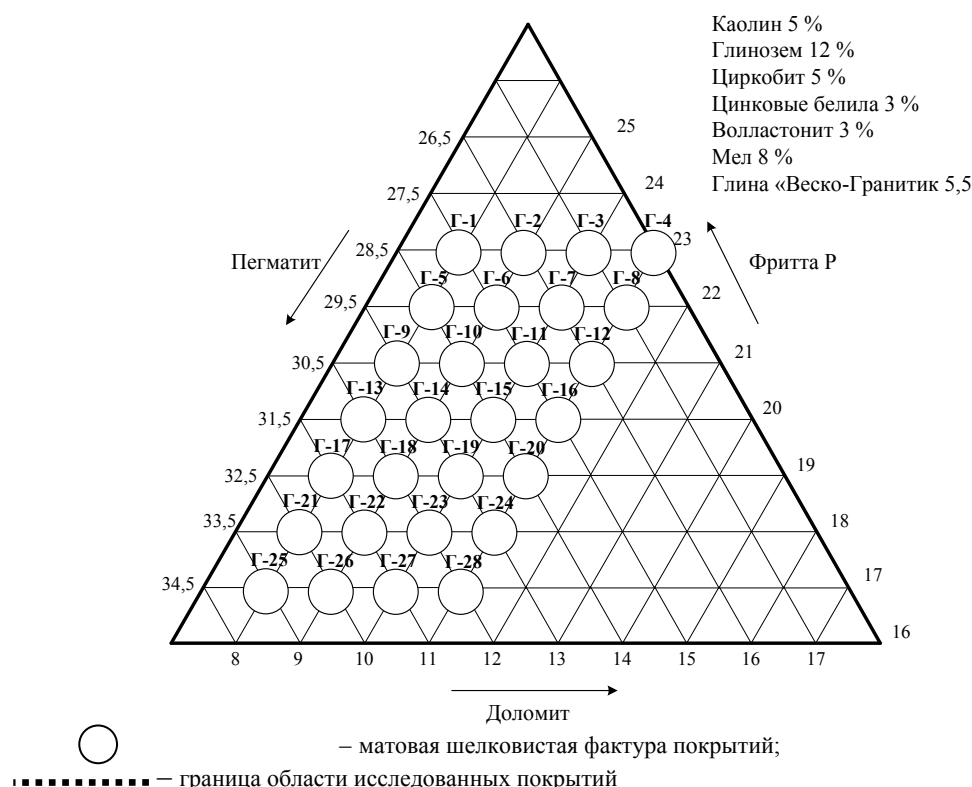


Рисунок 30 – Составы сырьевых композиций полуфриттованных глазурей и фактура полученных покрытий серии Г, мас.%

Таблица 18 – Качественный фазовый состав покрытий

Кристаллическая фаза	Наличие в покрытиях		
	Р4	НП8	Г14
Циркон - $ZrSiO_4$	+	+	+
Диопсид- $CaMgSi_2O_6$	Следы	+	+
Корунд- $\alpha-Al_2O_3$	–	–	+
Анортит $CaAl_2Si_2O_8$	+	+	+
Кварц- $\alpha-SiO_2$	+	+	–

Изученные пределы содержания основных составляющих компонентов сырьевых композиций относительно невелики, поэтому они не оказывают существенного влияния на фазовый состав исследуемых покрытий, а, следовательно, и на основные физико-химические свойства, приведенные в табл. 19.

Таблица 19 – Характеристики синтезированных глазурей оптимальных составов

Характеристики	Индекс состава и показатели свойств		
	P4	НП8	Г14
Температура обжига, °С	1160±5	1160±5	1160±5
Микротвердость, МПа	9100	8100	8300
Твердость по шкале Мооса	7-8	6-7	8
Степень износостойкости	3-4	3	3-4
ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7 \text{K}^{-1}$	67-72	76,6	69-70
Термостойкость, °С	125	125	125
Фактура	Матовая шелковистая	Матовая шелковистая	Матовая шелковистая
Блеск, %	10-15	25	18
Белизна, %	83-89	84	86
Химическая устойчивость	Соответствует требованиям НТД	Соответствует требованиям НТД	Соответствует требованиям НТД

Таким образом, установлена возможность полного выведения цирконийсодержащего тугоплавкого компонента из состава фритт без ущерба для стабильного глушения и направленного фазообразования с целью обеспечения требуемых физико-химических свойств, что позволит снизить расход топливно-энергетических затрат на процессы варки фритт. Установлены закономерности регулирования эксплуатационных свойств и разработаны рекомендации по получению покрытий разработанных составов в условиях ОАО «Керамин». Практическое значение настоящей работы состоит в решении задач снижения топливно-энергетических затрат за счет интенсификации процессов глазурирования, повышении экологической безопасности сырьевой композиции.

Актуальность проведенных исследований заключается в необходимости создания новых отечественных составов полуфриттованных покрытий с комплексом требуемых эксплуатационных характеристик при сниженном количестве фритты как сырьевой составляющей глазурной шихты.

«Строительство и архитектура 23» «Исследование влияния различных добавок на физико-химические свойства керамических стеновых материалов с целью повышения эксплуатационных показателей». Научный руководитель д-р техн. наук Пищ И.В. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра технологии стекла и керамики.

Проведенными исследованиями по заданию «Строительство и архитектура 23» установлено влияние химико-минералогического состава исходного глинистого сырья, вида и содержания добавок (древесные опилки и древесная зола, отходы производства сахара: фильтрационный осадок, свекловичный жом, меласса и др.) на окраску, пористость, плотность, водопоглощение, теплопроводность, механическую прочность и другие свойства керамических стеновых материалов, что позволило определить оптимальное содержание компонентов в составах масс.

С применением современных методов исследования (рентгенофазовый анализ, оптическая и электронная микроскопия) изучены фазовый состав и структура синтезированных материалов. Установлено, что фазовый состав синтезированных опытных образцов представлен кварцем ($\alpha\text{-SiO}_2$), анортитом ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) и гематитом ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). В структуре синтезированных материалов преобладает аморфизированное глинистое вещество, а также поры различных размеров и морфологии.

Выявлены особенности формирования окраски лицевых керамических материалов в зависимости от комбинации компонентов различных видов. Установлено, что материалы, в которых в качестве метода объемного окрашивания использовался наиболее доступный технологический прием – сочетание глин различного минералогического состава, характеризуются равномерной окраской от розово-желтого до красно-коричневого цвета. Для этих целей наиболее пригодными являются каолинито-гидрослюдистые глины южных месторождений Беларуси («Городное», «Туровское», «Николаевка»), которые обеспечивают максимальное содержание гематита и его равномерное

распределение в стеклофазе. Образцы, полученные на основе карбонатсодержащих глин («Гайдуковка», «Пружаны», «Щебрин») характеризуются неравномерностью распределения окраски по объему и неудовлетворительными показателями свойств.

Для получения лицевого кирпича рекомендуется использовать каолинито-гидрослюдистые глины, характеризующиеся повышенным суммарным содержанием оксидов Na_2O и K_2O . Это исключает кристаллизацию гематита, а присутствующие оксиды железа переходят в стеклофазу и не окрашивают керамический черепок в красно-коричневые цвета.

В ходе исследований было отмечено также положительное влияние золоотходов на основные эксплуатационные характеристики керамических материалов, которые определяют их использование в качестве стеновых изделий. Определение опытных образцов на морозостойкость показало, что они могут выдерживать около 70 циклов попеременного замораживания и оттаивания, что соответствует марке морозостойкости F 75.

Введение в массы 10 % фильтрационного осадка, образующегося при взаимодействии несугаров диффузионного сока с известью и диоксидом углерода, обеспечивает образцам равномерную по объему желто-розовую окраску и в зависимости от минералогического состава глин позволяет получать лицевой кирпич светлых тонов, соответствующий требованиям СТБ 1160-99. Свойства керамических материалов на основе опытных масс оптимальных составов, разработанных в результате исследований, представлены в табл. 20.

Разработанные составы керамических масс прошли успешную полупромышленную апробацию в условиях ОАО «Керамин» и испытательного центра УП «Научно-исследовательский институт строительных материалов», где выпущена опытная партия керамического пустотелого кирпича. Изделия удовлетворяют всем требованиям СТБ 1160-99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия».

Научная новизна исследований состоит в установлении влияния химико-минералогического состава глин на физико-химические свойства и цветовые характеристики керамических стеновых материалов; влияния отходов различных производств на окрашивание керамических масс и основные эксплуатационные характеристики материалов, а также в установлении влияния температурно-временных параметров обжига на процессы формирования структуры и фазового состава стеновых материалов на основе опытных масс.

Таблица 20 – Свойства керамических материалов на основе масс оптимальных составов

Наименование материала	Значение показателя для образцов		
	с использованием сочетания глин	с использованием фильтрационного осадка	с использованием золоотходов
Температура обжига, °С	1000	1000	1000
Визуальная окраска	Красно-коричневая	Светло-желтая	Розово-желтая
Водопоглощение, %	10,5	14,8	13,2
Кажущаяся плотность, кг/м ³	1850	1750	1780
Открытая пористость, %	19,2	24,2	23,1
Предел прочности при сжатии, МПа	20,5	20,5	17,8
Морозостойкость, циклов	90 (марка F75)	78 (марка F75)	75 (марка F75)

Разработанные составы керамических масс и технологические режимы могут быть использованы на керамических предприятиях, специализирующихся на изготовлении лицевого керамического кирпича. В выполнении исследований по данной тематике заинтересован ряд керамических предприятий Беларуси: ОАО «Керамика» (г. Витебск), ОАО «Брестский КСМ», ОАО «Керамин».

«Строительство и архитектура 24» «Разработка теоретических основ совершенствования структуры жестких дорожных одежд с целью устройства трещиностойких асфальтобетонных

покрытий». Научный руководитель д-р техн. наук Леонович И.И. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Строительство и эксплуатация дорог».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 24» разработан способ устройства трещиностойкого покрытия с применением праймера. Способ заключается в защите цементобетонного покрытия слоями асфальтобетона или поверхностной обработки. Для качественного сцепления минерального и органического бетонов на поверхность жесткого покрытия наносится праймер. Предложено выражение для определения оптимального расхода битума, обеспечивающего требуемую когезионную прочность и однородность его распределения по ремонтируемой поверхности. Степень полноты контакта вяжущего с ремонтируемой поверхностью оценивали через коэффициент фактической площади контакта. Для исследований использовали вещества: отход ПО «Бобруйскшина» (БШ), масляный отход ПО «Белавтомаз» (М) и масло ПОД Гродненского ПО «Азот».

На основании результатов экспериментальных исследований разработаны рецептуры праймера и способы обработки ими бетонной поверхности. Изучены адгезионные свойства праймера в зависимости от толщины пленки, вида вводимого пластификатора и вида активатора, способствующего глубинному распространению праймера и его связи с бетоном на объемном уровне, и применяемого для обработки поверхности цементобетона.

Разработан способ устройства дорожного покрытия из сборных элементов, который заключается в том, что цементобетонные плиты изготавливают с гладким основанием. Между плитами закладывают арматуру, жестко связанную с металлическими вкладышами, расположенными на боковых плоскостях плиты со стороны контакта с соседними плитами. На стержни, надевается полоска пластичного материала или наносится слой гидроизоляционного материала. Соединение плит осуществляется способом надвигки. На плиты наносится праймер и укладывается слой асфальтобетона.

Разработан способ устройства многослойной жесткой дорожной конструкции, заключающийся в нанесении на покрытие упрочняющих элементов. Способ основан на применении элементов, имеющих форму куба, изготовленных в заводских условиях. На цементобетонное или асфальтобетонное покрытие наносится тонкий слой асфальтобетона или слой вязкого органического материала, по которому распределяются упрочняющие элементы сплошным однородным слоем с определенной ориентацией кубиков. После этого, с помощью катка осуществляется вдавливание кубиков в органический материал. Устройство многослойной конструкции может осуществляться и путем создания дополнительных слоев из укрепленного грунта.

Проведено моделирование дорожной плиты с учетом упруго-вязких деформаций грунтового основания, силы инерции и коэффициента влияния защемленной конструкции. Использована методика программы Лира-8. Результаты исследований показали, что упругие прогибы достигают максимального значения при нахождении статической нагрузки на краю плиты, а при движении автомобиля со скоростью, соответственно, 40 и 90 км/ч, на расстоянии от 0,55 до 1,4 м от края плиты. Выбранный программный комплекс не позволяет определить с достоверной точностью критическую точку приложения нагрузки при динамическом воздействии. Для этого была применена программа BOUNC. Графики колебаний массы автомобиля, построенные с применением этой программы, свидетельствуют о том, что колебания имеют гармоничный характер и затухают с учетом вязкости основания. Скорость движения отражается на величине прогибов.

При исследовании состояния многослойной конструкции применена модель с 5214 конечными элементами. Праймер моделировался стержнем большой жесткости на центральное растяжение и сжатие. Расчет показал, что горизонтальные перемещения, вертикальные нормальные и касательные напряжения в трехслойной плите меньше, чем в сплошной плите.

На основании разработанных способов строительства и ремонта бетонных покрытий составлены рекомендации по устройству трещиностойких покрытий. Рекомендации предназначены для проектных организаций, которые занимаются технико-экономическим обоснованием и разрабатывают проект производства работ. Исходные данные для проектирования дорожной конструкции включают: геометрические размеры, физико-механические показатели, технологические параметры, технические требования к материалам и конструкциям, рецептуры вяжущих материалов и праймера. Рекомендации содержат разделы, в которые отражены условия применения способов, производство работ, контроль качества работ и соблюдение условий техники безопасности.

«Строительство и архитектура 29» «Разработка теоретических основ процесса диспергирования материалов в агрегатах раздавливающего типа с проточной классификацией и создание на их основе энергоэффективных помольных установок». Научный руководитель канд. техн. наук Вайтехович П.Е. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра «Машины и аппараты химических и силикатных производств».

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 29» впервые разработана математическая модель движения измельчаемого материала по размольному столу среднеходной мельницы, учитывающая влияние сил трения между частицами на параметры движения. Из условия гарантированного попадания измельчаемого материала под размольные органы предложена универсальная методика определения оптимальной частоты вращения стола среднеходных мельниц. Проведена оценка особенностей работы мельницы в замкнутом цикле и разработана схема и метод оптимизации рабочих параметров помольного агрегата.

Как известно, размол материала в среднеходных мельницах происходит преимущественно за счет раздавливания и дополнительно за счет истирания между столом и валками или шарами. Анализ движения материала по вращающейся столу показывает, что при его подаче в центр стола образуется слой определенной толщины, закономерности движения которого описываются с помощью механики сыпучей среды.

Уравнение для расчета формы образующей слоя предлагается в виде:

$$z = \left(f_0 + \frac{1}{f_0} \right) \frac{g}{\omega^2 f_0} \ln \frac{g + f_0 \omega^2 r_0}{g + f_0 \omega^2 r} - \frac{r_0 - r}{f_0}, \quad (41)$$

где f_0 – коэффициент внутреннего трения среды; ω – угловая скорость размольного стола; r , r_0 – соответственно текущий радиус и предельный радиус равновесия; z – осевая координата.

С использованием уравнения (41) мы привели расчет высоты слоя материала и его распределения по радиусу стола при различных угловых скоростях. В результате расчета получены профили распределения сыпучего материала. Анализ этих профилей показывает, что с увеличением угловой скорости размеры условного конуса сыпучего материала (высота и диаметр) уменьшаются, что обусловлено ускоряющимся распределением материала в виде тонкого монослоя по размольному столу под воздействием инерционных центробежных сил. Графические зависимости $z = f(r)$ имеют практическую значимость для дальнейшего анализа движения частиц. Проведя горизонтальную прямую, соответствующую диаметру подаваемых на измельчение частиц, по точкам ее пересечения с кривыми конкретного профиля распределения можно определить начальный радиус, при котором образуется монослой этих частиц. Причем каждую частицу в монослое можно рассматривать как одиночную, а началом отсчета ее движения и будет определенный таким образом радиус. Далее при движении от центра к периферии высота слоя постепенно уменьшается до значения, равного диаметру наибольшей частицы. В идеале частицы должны попадать под валок в один слой без контакта между собой. На этом участке можно рассматривать движение одиночной частицы, уравнение движения которой имеет вид:

$$m \vec{a}_d = \vec{F}_T + \vec{F}_e + \vec{F}_c + \vec{F}_{1T}, \quad (42)$$

где F_T – сила трения частиц по размольному столу; F_{1T} – сила трения между частицами; F_c – кориолисова сила инерции; F_e – переносная (центробежная) сила инерции.

Силу трения между частицами можно определить через нормальную реакцию, возникающую от давления одной частицы на другую, обусловленного инерционными силами. Исходя из расчетной схемы (рис. 31), эта сила равна:

$$F_{1T} = f_1 N = f_1 (F_e \sin \psi - F_c). \quad (43)$$

После преобразований получена система уравнений движения материала по размольному столу среднеходной мельницы, учитывающих взаимное трение между частицами:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 &= \\ &= -f g \cdot \cos \psi - 2\omega v_d \cdot \sin \psi + \omega^2 r - f_1 \left(\omega^2 r \sin \psi - 2\omega v_d \right) \cos \psi \cdot \quad (44) \\ r \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + 2 \frac{dr}{dt} \cdot \frac{d\varphi}{dt} &= \\ &= -f g \sin \psi + 2\omega v_d \cos \psi - f_1 \left(\omega^2 r \sin \psi - 2\omega v_d \right) \sin \psi \end{aligned} \right.$$

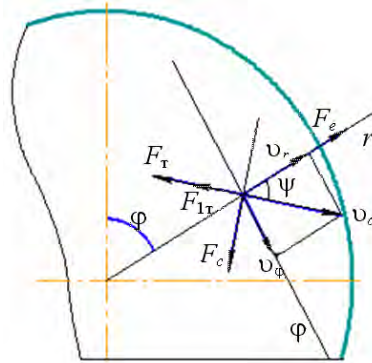


Рисунок 31 – Расчетная схема

Для гарантированного измельчения материала необходимо, чтобы за время поворота размольного стола от одного валка к другому, частица обязательно попала под один из них. В радиальном направлении этот путь перемещения не должен превышать ширину валка. Условие гарантированного попадания частиц материала под валок можно определить из решения общих уравнений движения. Для этого необходимо зафиксировать время пересечения частицы с окружностью, проходящей через внутренние кромки валков, а затем проконтролировать ее перемещение в радиальном направлении Δr за время $t = 1/2n$, где n – частота вращения стола. Тогда условие гарантированного попадания частиц материала под валки будет $\Delta r \leq B$, где $B = 0,2D$ – ширина валка, принимаемая в зависимости от диаметра тарелки. Таким образом, модель движения твердых частиц по размольному столу и ее решение дали возможность установить условие гарантированного попадания материала под валки, определить траекторию движения частиц и все ее параметры (скорость, угол) на выходе со стола и установить оптимальный диапазон частот вращения рабочего органа.

Следующим этапом являлось развитие проделанной ранее работы в области рациональной организации подвода газового потока в мельницу. При помощи программы COSMOSFloWorks проанализирована аэродинамика несущего воздушного потока в сепарационной зоне мельницы и в воздушном классификаторе, что дало возможность спрогнозировать характер движения твердых частиц и выбрать оптимальные динамические параметры газовой фазы.

Далее была разработана методика оптимизации конструктивных и технологических параметров мельницы работающей в замкнутом цикле. Необходимо отметить, что существующие модели базируются на кинетике помола в барабанной мельнице периодического действия и в них не учитываются размеры исходного и конечного продуктов. Однако в валковых мельницах практически невозможно получить уравнения кинетики помола, вследствие сложности определения соотношения количества материала попадающего в классификатор и выходящего из него. Эти сложности связаны с тем, что процесс сепарации происходит во встроенном в помольный агрегат классификаторе. Поэтому нами была предпринята попытка математического описания и оптимизации процесса измельчения материала в мельницах, работающих в замкнутом цикле, применительно к среднеходным. Первоначальной задачей являлось определение оптимальной эффективности классификации, для обеспечения максимальной степени измельчения при заданных размерах исходного материала и готового продукта. При замкнутом режиме работы мельницы измельченный материал поступает на классификацию, где разделяется на готовый мелкий и на крупный (циркулирующая загрузка) продукт, возвращаемый в мельницу на доизмельчение. Загрузка непрерывно циркулирует из классификатора в мельницу и обратно и выходит из цикла только после

измельчения до требуемой крупности. На основании вышеизложенного была представлена схема, описывающая работу помольного агрегата в замкнутом цикле (рис. 32).

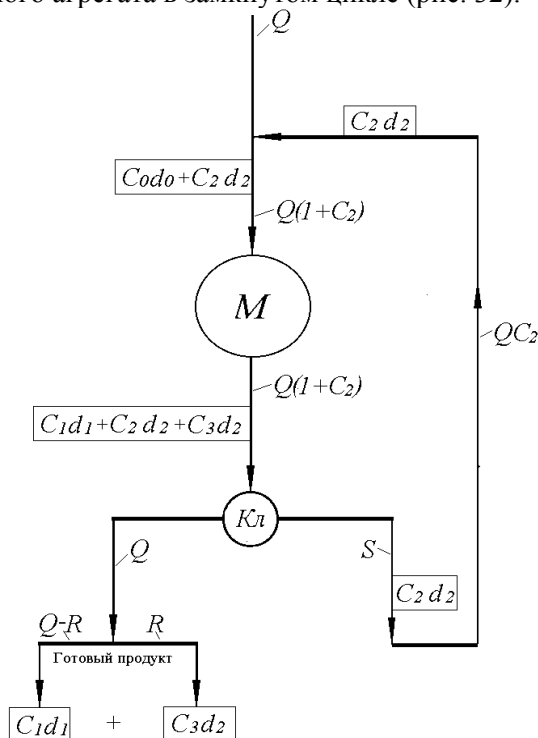


Рисунок 32 – Схема, описывающая работу помольного агрегата в замкнутом цикле

В мельницу подается количество материала равно Q и циркулирующая загрузка (QC_2). Доля циркулирующей загрузки C_2 равна отношению ее массы к массе исходного материала. Соответственно в мельницу поступает двухфракционный материал (C_0d_0 и C_2d_2) со средними диаметрами фракций – d_0 и d_2 , где d_0 – средний размер исходного материала, а d_2 – средний размер циркулирующей загрузки. После классификации мы получаем готовый продукт и крупный, причем в первом присутствует некая доля второго, соответствующая эффективности классификации.

Эффективность классификации в этом случае будет равна:

$$E = \frac{C_2}{C_2 + C_3}. \quad (45)$$

Учитывая, что степень измельчения это отношение средневзвешенного размера зерен исходного материала к аналогичному размеру зерен измельченного продукта, и выражая C_1 и C_2 через эффективность E , получили степень измельчения, как функцию в явном виде с пятью переменными:

$$i = \frac{(1 - E)d_0 + EC_3d_2}{(1 - C_3)(1 - E)d_1 + (1 + E)C_3d_2}. \quad (46)$$

Поставленная задача оптимизации решалась методами нелинейного программирования. В качестве целевой функции была выбрана степень измельчения, а ограничения задавались по оптимальной эффективности и по среднему размеру циркулирующей фракции, причем диапазоны изменения этих параметров принимались: $0 < E_{opt} < 1$, $d_1 < d_2 < d_0$. В качестве начальных условий выступали размер зерен исходного материала – d_0 и готового продукта – d_1 . Кроме того, задавалась доля крупной фракции C_3 в готовом продукте. Этот параметр, как остаток на сите, является одним из основных при определении качества помола. Расчеты проводились на ЭВМ, при этом размер исходного материала изменялся от 5 до 15 мм, готового продукта в диапазоне 50 – 300 мкм, а C_3 принималась 10 %. В результате расчетов определена оптимальная эффективность классификации для достижения любой конкретной степени измельчения при изменении остальных параметров в широком диапазоне.

Так как степень измельчения это качественный показатель и его недостаточно для проведения полного анализа работы мельницы. Необходим учет количественных показателей, главным из которых является производительность. Производительность валково-тарельчатой мельницы прямо

пропорциональна ее геометрическим и технологическим параметрам и обратно пропорциональна кратности циркуляции.

Если технологические и геометрические параметры можно рассчитать по известным методикам, то кратность циркуляции обычно принимается из конструктивных соображений в диапазоне $k_{ц} = 10-15$. До сих пор никем не предложен метод расчета и оптимизации этого параметра, что вполне объяснимо сложностью протекающих в мельнице процессов. Поэтому нами была предпринята попытка решить эту задачу. Кратность циркуляции определяется общим количеством циклов воздействия на материал до его полного разрушения.

После преобразований получили следующую формулу для производительности:

$$Q = \frac{n_B \lg(a)}{3 \lg(i)} v_e L_b h \rho z. \quad (47)$$

Получена искомая функция Q в явном виде в зависимости от трех переменных. Эта задача оптимизации была решена также методами нелинейного программирования. В качестве целевой функции принимали производительность Q , а ограничивающими параметрами – количество циклов воздействия вала n_B , объемную степень измельчения a и традиционную степень измельчения i .

Таким образом, разработанная схема помола в замкнутом цикле наиболее объективно отражает влияние важнейших факторов на этот процесс. Методика оптимизации и ее апробация показали, что с достаточно высокой точностью можно определить оптимальную эффективность классификации для обеспечения максимальной степени измельчения и найти максимальную производительность помольного агрегата при оптимальном значении кратности циркуляции.

«Строительство и архитектура 30» «Разработка численных методов расчета пространственных комбинированных стержневых систем». Научный руководитель канд. техн. наук Мартынов Ю.С. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Металлические и деревянные конструкции».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 30» усовершенствована методика расчета поперечных сечений стержневых строительных конструкций, испытывающих сложное деформирование. Выполнены численные эксперименты по определению напряженно-деформированного состояния испытанных ранее сталежелезобетонных изгибаемых элементов (балок), при этом использовалась разработанная авторами компьютерная программа расчета строительных конструкций с учетом физической нелинейности.

Особенности методики расчета следующие:

- рассматривается произвольное поперечное сечение;
- поперечное сечение может состоять из нескольких материалов, имеющих различные физико-механические характеристики, при этом продольный сдвиг по поверхностям контакта двух материалов относительно друг друга не учитывается;
- нелинейное поведение материала (физическая нелинейность) описывается диаграммой деформирования (зависимость между деформациями и напряжениями), которая может представлять собой произвольную кривую;
- поперечное сечение стержня испытывает сложное напряженное состояние, т.е. находится под воздействием сжатия-растяжения, изгиба, свободного кручения и поперечного сдвига;
- при отсутствии крутящего момента и поперечных сил реализован учет стадийности работы, возникающей при расчетах сталежелезобетонных конструкций, а также при расчетах усиливаемых под нагрузкой (реконструируемых) железобетонных, сталежелезобетонных и стальных конструкций;
- методика расчета является универсальной и пригодна для анализа поперечных сечений любых пространственных стержневых строительных конструкций (в том числе, стальных, бистальных, железобетонных, сталежелезобетонных, деревянных и т.п.).

По заданию «Строительство и архитектура 30» выполнен анализ (в том числе статистический) проведенных ранее численных экспериментов по определению напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных изгибаемых элементов (балок).

Был проведен анализ 15-ти численных экспериментов. При проведении анализа использовалась разработанная компьютерная программа, определяющая напряженно-деформированное состояние составного стержня при сложном напряженном состоянии с учетом физической нелинейности.

В качестве исходных параметров для расчета на прочность по нормальным сечениям приняты геометрические размеры сечений стальной и бетонной частей, фактические прочностные и

деформационные характеристики материалов, опытные значения предельных деформаций материалов. При расчете по первой группе предельных состояний определялись:

- изгибающий момент M_y , соответствующий началу фибровой текучести нижнего стального пояса (т.е. при деформации f_y/E);
- разрушающий изгибающий момент M_{lim} .

При расчете по второй группе предельных состояний определялись:

- прогиб балки f_y в середине пролета при M_y ;
- прогиб балки f_{lim} в середине пролета при M_{lim} .

При расчете с учетом физической нелинейности диаграмма деформирования бетона принималась параболически-линейной, диаграмма деформирования стали принималась по Прандтлю (рис. 33).

Бетонирование балок производилось в положении, при котором собственный вес балки и опалубки до отвердения бетона воспринимался стальной частью, однако, влияние первой стадии на напряженно-деформированное состояние (НДС) балки не учитывалось, т.к. оно не превышает 3 %, что подтверждено проведенными дополнительными расчетами. Было выполнено сопоставление результатов численных расчетов и экспериментальных данных по первой группе предельных состояний, при этом влияние поперечной силы не учитывалось. Также выполнено сопоставление результатов расчетов и экспериментальных данных по второй группе предельных состояний.

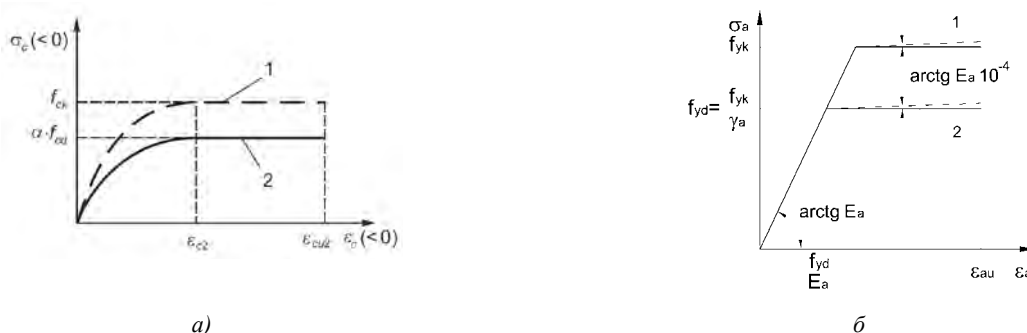


Рисунок 33 – Диаграммы деформирования бетона и стали:

а) Параболически-линейная диаграмма деформирования бетона при сжатии

1 – нормативная; 2 – расчетная;

б) Диаграмма деформирования для стали (по Прандтлю)

1 – нормативная; 2 – расчетная

(пунктиром показана диаграмма при расчетах с использованием численных методов)

Краткие результаты анализа представлены в табл. 21.

Таблица 21 – Отношения численных результатов расчета к экспериментальным

Экспериментальный образец	Числ. / эксп. по параметру				
	M_{el}	M_{lim}	f_{el}	f_{lim0-}	f_{lim0+}
Б1.20.С	1,11	0,94	0,98	0,55	0,60
Б1.35.С	1,28	0,96	0,91	0,87	0,93
Б1.20.А	0,99	1,03	0,93	1,02	1,11
Б1.35.А	1,19	0,98	0,73	0,72	0,76
Б2.20.С	1,01	0,99	0,78	0,85	0,89
Б2.35.С	1,14	1,08	1,35	0,96	0,98
Б2.35.А	1,03	0,91	0,90	0,76	0,77
Б3.20.С	1,15	0,95	0,87	0,63	–
Б3.35.С	1,57	1,04	1,12	0,94	1,01
Б4.35.С1	1,21	1,02	0,87	0,71	0,77
Б4.35.С2	0,98	0,90	0,81	0,94	0,95
Б2-1	0,95	0,95	0,66	0,52	0,57

Экспериментальный образец	Числ. / эксп. по параметру				
	M_{el}	M_{lim}	f_{el}	f_{limQ-}	f_{limQ+}
Б2-2	1,11	0,92	0,79	0,77	0,82
Б3-1	0,90	0,81	0,66	0,52	0,57
Б3-2	0,95	0,83	1,16	0,57	0,62
Число результатов без учета выбросов	14	15	14	15	14
Математическое ожидание	1,071	0,954	0,869	0,755	0,811
Дисперсия	0,012	0,0052	0,021	0,027	0,029
Среднеквадратическое отклонение (стандарт)	0,11	0,072	0,144	0,165	0,169
Коэффициент вариации	0,103	0,075	0,166	0,219	0,209
Асимметрия	0,246	-0,348	0,525	-0,019	$3,12 \times 10^{-4}$

По результатам анализа численных результатов расчетов и результатов экспериментальных данных можно сделать следующие основные выводы:

- На всех этапах загрузки распределение относительных деформаций по высоте сечения средней части пролета в целом соответствует гипотезе плоских сечений.

- Предельная деформативность бетона на сжатие изменяется в пределах 0,00235–0,00383, математическое ожидание составляет 0,00277, коэффициент вариации – 0,166.

- При различных соотношениях геометрических параметров бетонной и стальной частей сечения пластические деформации развиваются весьма интенсивно по высоте сечения стальной части. Разрушению бетонной части предшествуют пластические деформации стальной части сечения. Зависимость прогибов балок от нагрузки далека от линейной.

- Наиболее достоверными результатами численных расчетов являются предельные изгибающие моменты M_{lim} .

- Численные расчеты по предельному моменту M_{lim} и предельным прогибам дают заниженные результаты по сравнению с экспериментом.

- Недооценка предельных изгибающих моментов M_{lim} при использовании численных методов составляет в среднем 4,6 %.

- Недооценка упругих прогибов f_{el} при использовании численных методов составляет в среднем 13 %, недооценка предельных прогибов f_{limQ+} составляет в среднем 19 %.

- Учет влияния поперечной силы при численных расчетах приводит к увеличению прогибов в среднем на 5,6 %.

- По результатам численных расчетов учет неупругой работы материалов по сравнению с расчетом в упругой стадии дает увеличение предельного изгибающего момента в среднем на 34 % (коэффициент вариации 0,047).

Использование разработанных методики расчета, алгоритма и компьютерной программы для расчета строительных стержневых конструкций позволит сократить сроки, трудоемкость и стоимость проектирования за счет его автоматизации, сократить расход материалов (в сталежелезобетонных конструкциях экономия стали до 20 %, в стальных до 5-8 %) и вместе с тем повысить надежность строительных конструкций.

Потенциальными потребителями разработанной методики расчета поперечных сечений строительных конструкций являются организации Республики Беларусь, занимающиеся разработкой, исследованием и проектированием строительных конструкций как в новом строительстве, так и при реконструкции зданий.

«Строительство и архитектура 31» «Разработка метода расчета грузоподъемности эксплуатируемых мостовых железобетонных балочных пролетных строений с учетом фактора времени». Научный руководитель д-р техн. наук Пастушков Г.П. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Мосты и тоннели».

По результатам исследований по заданию «Строительство и архитектура 31» разработаны:

- методика пространственного расчета балочного бездиафрагменного пролетного строения, в котором расчетная схема принимается без искажения реальной конструкции;

– методика определения напряженно деформированного состояния многослойной конструкции проезжей части с применением деформационной модели.

Оптимальное решение задач по восстановлению, усилению и замене конструкций эксплуатируемых мостовых сооружений предусматривает оценку резервов несущей способности и возможность продолжения эксплуатации поврежденных несущих конструкций мостов. Эффективность проблемы восстановления и реконструкции мостовых сооружений во многом зависит от прогресса в области их расчета и определения остаточного их ресурса.

Тип расчетной модели пролетного строения выбирался с учетом характера работы пролетных строений под нагрузками и особенностей несущей конструкции. Как наиболее точный, использован метод расчета пролетных строений, в котором расчетная схема принимается без искажения реальной конструкции и характеризует работу всех ее элементов в результате их сложного взаимодействия.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования бездиафрагменных пролетных строений на крупномасштабных моделях показали, что метод плитно-балочных конструкций отличается высокой точностью получаемых результатов, однако требует проведения громоздких вычислений и применяется только в сочетании с ЭВМ.

Для выполнения пространственных расчетов пролетных строений без трещин использовались уже разработанные пакеты прикладных программ на ЭВМ («ЛИРА», «SCAD», «ANSYS», «FEMAP» и др.). Исходной информацией для расчета служат размеры пролетного строения в плане, схема расположения опорных закреплений, характеристики материалов заполнения швов. После образования трещин в составе пролетного строения имеются элементы переменной жесткости.

Наряду с геометрическими характеристиками (моментами инерции, площадью сечения) изменяются и другие параметры сечения: положение нейтральной оси, центра изгиба и др. Составление аналитических выражений, характеризующих законы изменения переменных параметров сечений элементов для каждой конструкции пролетных строений, и использование их при определении деформации элементов в пространственной схеме расчета связано со значительными трудностями.

В связи с этим для пространственного расчета плитно-балочных пролетных строений с элементами переменного сечения применены приближенные способы учета переменных параметров.

Один из таких способов основан на применении так называемых «эквивалентных» жесткостей. Под эквивалентными жесткостями понимаются жесткости железобетонных элементов постоянного сечения, деформации которых под воздействием заданной нагрузки в рассматриваемых по длине пролета сечениях равны деформациям в тех же сечениях балки переменной жесткости.

Деформации балки переменного сечения являются функциями вида и положения нагрузки, а также закона изменения геометрических характеристик. При определении деформаций балки переменного сечения с использованием эквивалентных жесткостей число таких жесткостей будет соответствовать числу рассчитываемых сечений, положений и видов нагрузки.

Для изгибаемых элементов зависимость « $M - 1/\gamma$ » представляется в виде ломаной диаграммы со следующими параметрическими точками:

$$M = 0 \quad 1/\gamma = 0;$$

$$M = M_{cr} \quad 1/\gamma_{cr} = M_{cr} / (\phi_b I_{red});$$

$$1/\gamma_{cr2} = M_{cr} \phi_{b2} / (\phi_b I_{red});$$

$$M = M_u \quad 1/\gamma_u = (R_p - \sigma_p) / (h_0 - x_u) E_p,$$

где: M – изгибаемый момент; $1/\gamma$ – относительная кривизна элемента; M_{cr} – момент трещинообразования; M_u – частный изгибаемый момент; ϕ_b1 и ϕ_b2 – коэффициенты, зависящие от применяемого бетона, определяемые по СНиП 2.05.-3-84*; E_b – модуль упругости бетона; E_p – модуль упругости преднапряженной арматуры; R_p – расчетное сопротивление преднапряженной арматуры; h_0 – рабочая высота сечения; I_{red} – приведенный момент инерции сечения; σ_p – предварительное напряжение в арматуре; x_u – предельная высота сжатой зоны.

В связи с трудностью учета всех этих факторов вполне обоснованы приближенные пространственные расчеты с принятием линейных зависимостей между переменными величинами, особенно при определении внутренних усилий конструкции.

Принятие линейной зависимости « $M - 1/\gamma$ » на стадиях загрузки между состояниями « $M_{cr} - M_u$ » и « $M_u - M_u$ » позволяет использовать принцип независимости действия сил при определении внутренних усилий в элементах плитно-балочных конструкций.

Интегральной оценкой жизнеспособности мостовой конструкции является срок ее службы. Разработан метод расчета конструкций с использованием расчетных схем, учитывающих появление и развитие в процессе эксплуатации дефектов и повреждений различного вида, изменение механических характеристик материалов, воздействий агрессивных эксплуатационных сред и т.д.

Доверительная вероятность безотказной работы в сечении случайного процесса при оценке работоспособности элементов при нормальном законе распределения случайной величины Z определяется по простой формуле:

$$P\{Z > 0\} = \Phi(\beta Z), \quad (48)$$

где βZ – относительное отклонение величины Z .

Условие надежности в вероятностной форме связывает обе ранее независимые части неравенства предельного состояния в единую систему, основной характеристикой которой является уровень надежности элемента $U(t)$.

Вероятность надежной работы проектируемой конструкции в течение установленного срока службы $U(t)$ остается объективной мерой надежности. Эта вероятность может быть использована для сопоставления с нормативной вероятностью U_n :

$$U(t) > U_n. \quad (49)$$

Ресурс вычисляется с учетом изменения прочностных характеристик элементов составного сечения, деформационных свойств бетона и арматуры, образования поперечных трещин, нарушения связей между элементами пролетного строения.

Внесение в нормативные документы диаграмм деформирования, связывающих напряжения и деформации материалов в процессе нагружения, позволили существенно усовершенствовать методы расчета строительных конструкций и приблизить расчетные модели к действительной физической работе элементов (рис. 34).

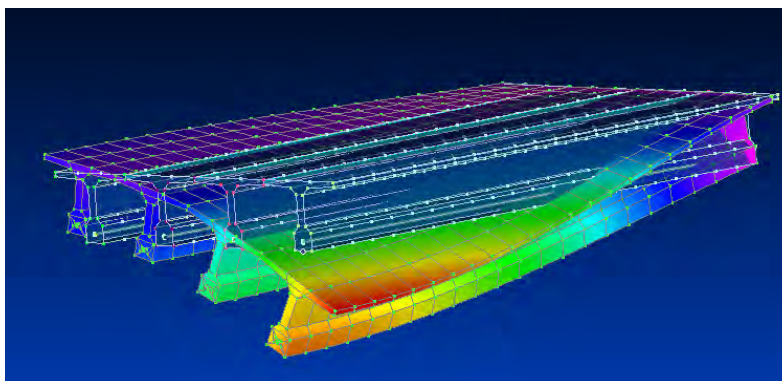


Рисунок 34 – Расчетная модель пролетного строения

Срок службы следует определять по всем возможным признакам выхода конструкции из строя. Срок службы должен быть не менее нормативного значения T_n :

$$T \geq T_n, \quad (50)$$

где T – срок службы конструкции (принимается равным минимальному из сроков службы, определенных по различным признакам нарушения долговечности и выхода из строя конструкции).

«Строительство и архитектура 32» «Разработка структурно-механических моделей бетона и железобетона для применения в деформационных расчетах железобетонных конструкций при сложном напряженном состоянии». Научный руководитель д-р техн. наук Пецольд Т.М. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Железобетонные и каменные конструкции».

По результатам исследований по заданию «Строительство и архитектура 32» установлена закономерность изменения параметров напряженно-деформированного состояния сталефибробетонных плит, работающих в условиях местного среза, при увеличении объемного процента фибрового армирования.

Целью проведенных исследований явился анализ влияния объемного коэффициента фибрового армирования на схему образования и динамику развития трещин, а также на характер разрушения образцов.

Качественным отличием работы сталефибробетонных образцов под нагрузкой являлось более поздний момент трещинообразования по сравнению с образцами без фибрового армирования, у которых появление трещин фиксировалось уже на первых этапах нагружения.

На рис. 35 показана картина разрушения сталефибробетонных образцов при продавливании. Для сравнения приводятся элементы без фибрового армирования (ПСФБ-min-0, ПСФБ-opt-0) и образцы с максимальным содержанием фибры, принятым в эксперименте (ПСФБ-min-1.5, ПСФБ-opt-1.5).

Сравнивая картины разрушения образцов с разным содержанием фибрового армирования необходимо отметить, что область распространения трещин для образцов с фибровой арматурой меньше, чем у образцов из обыкновенного бетона. В процессе эксперимента не производился контроль ширины раскрытия трещин, так как это не является предметом исследования, но следует отметить, что ширина раскрытия трещин у элементов из обыкновенного бетона заметно больше. Кроме того, разрушение образцов из обыкновенного бетона сопровождалось обширным отслоением защитного слоя.

Поскольку извлечение из опытных образцов пирамид продавливания было трудоемким из-за их раскалывания и наличия продольного армирования, был полностью удален бетон этой пирамиды и установлены фактические границы критического периметра по оставшейся части образца. Точки границы критического периметра (точки пересечения боковой гранью пирамиды стержней продольной арматуры) фиксировались по отпечатку продольной арматуры на поверхности бетона. Затем найденные точки соединялись плавной кривой, после чего определялось фактическое значение длины критического периметра (рис. 36). Аналогично определялся и периметр пирамиды продавливания на нижней плоскости плиты.

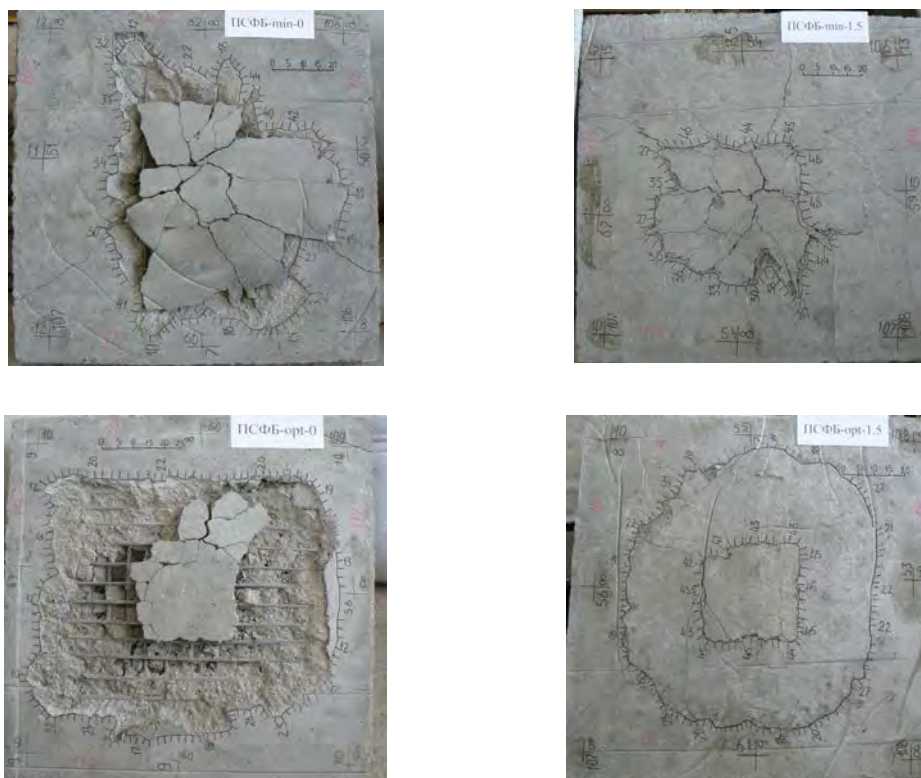


Рисунок 35 — Картина разрушения сталефибробетонных образцов и образцов из обыкновенного бетона при продавливании

По результатам измерений были определены: u_1 – периметр пирамиды продавливания на уровне продольной рабочей арматуры плиты; u_2 – периметр пирамиды продавливания на нижней плоскости плиты.

Были определены расстояние s_1 от грани приложения нагрузки до периметра u_1 по формуле:

$$s_1 = (u_1 - 4a)/(2p) \quad (51)$$

и расстояние s_2 от грани приложения нагрузки до периметра u_2 по формуле:

$$s_2 = (u_2 - 4a)/(2p), \quad (52)$$

где $a = 150$ мм сторона площадки приложения нагрузки.

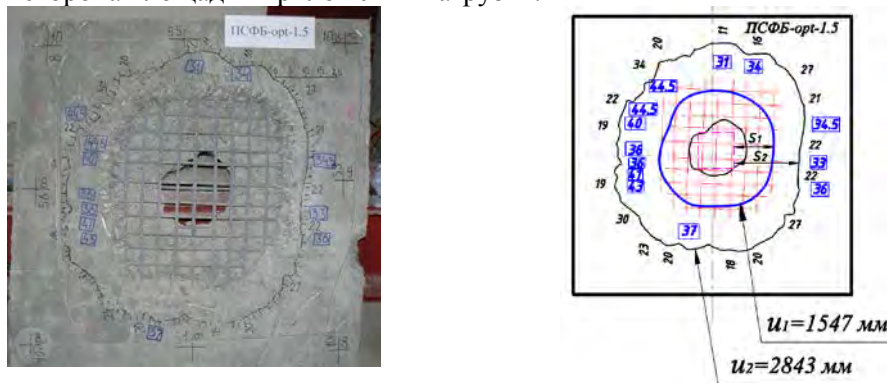


Рисунок 36 — Определению геометрических характеристик пирамиды продавливания

Затем были определены значения тангенсов углов наклона граней пирамиды продавливания по формулам:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \sigma_1 &= s_1/d, \\ \operatorname{tg} \sigma_2 &= (s_2 - s_1)/(h - d), \end{aligned} \quad (53)$$

где σ_1 – угол наклона к вертикали грани пирамиды продавливания в пределах рабочей высоты плиты; σ_2 – угол наклона к вертикали грани пирамиды продавливания ниже плоскости расположения арматуры; h – полная высота плиты.

Результаты вычисления представлены на рис. 37, 38

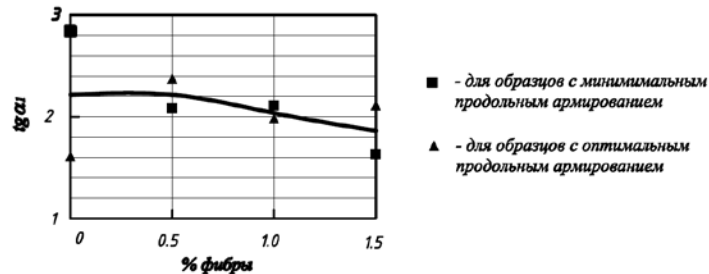


Рисунок 37 – Зависимость тангенса угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания в пределах рабочей высоты плиты от процента фибрового армирования

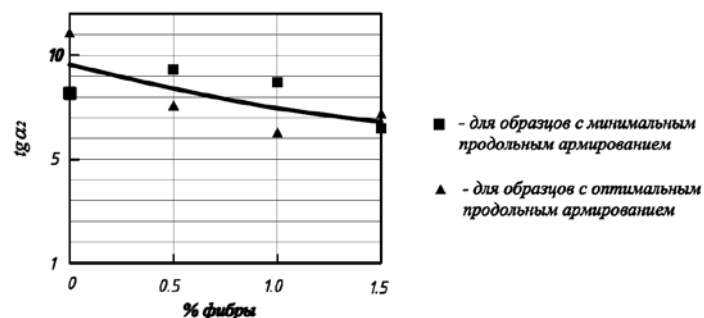


Рисунок 38 – Зависимость тангенса угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания ниже плоскости расположения арматуры от процента фибрового армирования

Как следует из приведенных результатов вычислений, с увеличением процента фибрового армирования наблюдается уменьшение длины критического периметра, а также периметра пирамиды

продавливания в плоскости нижней грани плиты. Происходит также уменьшение угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания в пределах рабочей высоты плиты.

Анализ экспериментальных данных показал, что увеличение объемного процента фибрового армирования сопровождается:

- изменением характера образования и развития трещин, а также характера формирования пирамиды продавливания;
- уменьшением угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания в пределах рабочей высоты плиты;
- уменьшением угла наклона к вертикали грани пирамиды продавливания ниже плоскости расположения арматуры;
- увеличением нагрузки при образовании трещин;
- увеличением нагрузки при разрушении от продавливания.

Применение сталефибробетона значительно повышает несущую способность железобетонных элементов при продавливании, что позволяет снизить материалоемкость и трудоемкость конструкции.

«Строительство и архитектура 34» «Разработка методов расчета и оптимизации нелинейно деформируемых стержневых и континуальных систем». Научный руководитель д-р техн. наук Борисевич А.А. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Строительная механика».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 34» проведены численно-аналитические решения задач анализа напряженно-деформированного состояния нелинейно-деформируемых шарнирно-стержневых систем, балок, континуальной системы (на примере пластины), нелинейно-деформируемой фермы с учетом надежности ее элементов.

Разработанные математическая модель и алгоритм оптимизации нелинейно-упругих стержневых систем использованы в задаче оптимизации плоской фермы с крестовой решеткой. Для нее численно исследованы особенности поиска оптимального решения для шарнирно-стержневых систем. Диаграмма « σ – ε » аппроксимирована формулой В.В. Соколовского. Для определения усилий в стержнях по методу последовательных нагружений используется касательный модуль упругости материала. Ставились задачи отыскания оптимальной по объему материала фермы при комбинации ограничений по прочности, жесткости и конструктивных.

Проведенные исследования показали, что итерационный процесс является достаточно быстросходящимся (оптимальное решение достигается менее чем за 74 итерации), о чем свидетельствуют: графики, показывающие изменение объема материала, необходимого для изготовления конструкции, в зависимости от номера итерации; графики изменения площадей поперечных сечений элементов в зависимости от номера итерации. Уже на 30-40 итерациях объем материала только на 10-12 % отличается от оптимального. Переход от дискретных значений переменных проектирования к сортаментным ведет к увеличению объема материала на 2-5 %. В случае, когда этот переход в программе не предусмотрен, вычислительный процесс может быть прерван, если приращения площадей сечений не превосходят разность площадей наименьших смежных сортаментных профилей.

Составлены таблицы, содержащие информацию о результатах сравнения оптимальных проектов ферм, материал стержней которых имеет указанный закон физической нелинейности, с оптимальными проектами, в которых для материала стержней принят линейный закон $\sigma = 2,06 \cdot 10^5 \cdot \varepsilon$. Анализ результатов показывает: объем материала конструкции, рассчитанной с учетом физической нелинейности материала, на 7-9 % меньше объема материала конструкции, для которой принимался линейный закон; при отсутствии ограничений на жесткость конструкции, для материала стержней которой задан нелинейный закон, перемещения узлов значительно больше (в 1,8 раза) соответствующих перемещений для конструкции, запроектированной из материала с линейным физическим законом (конструкция является более податливой). Приведена схема поиска оптимального решения в координатах первой и второй переменных проектирования.

Исследованы возможные варианты статического расчета и оптимизации физически нелинейных систем с преобладающим изгибом при известных законах «изгибающий момент–кривизна» и/или «напряжение–деформация». Для приближенного расчета балки как физически нелинейной системы, она по длине разбивается на отдельные, относительно равно напряженные участки, и на каждом из них

приведенная жесткость, которая определяется для сечения с наибольшим по абсолютной величине изгибающим моментом на участке, принимается постоянной.

Разработаны с учетом условий реального проектирования и физической нелинейности математическая модель и алгоритмы оптимизации нелинейно-упругих балок, находящихся под действием статической нагрузки. Получены зависимости для формирования матрицы коэффициентов чувствительности ограничительных функций. Создана компьютерная программа оптимизации физически нелинейных балок, с помощью которой выполнены численные исследования. В алгоритме программы оптимизации предусмотрено разбиение балки на относительно «равнонапряженные» участки двумя способами. В первом случае указываются длины участков, а во втором – участки с относительно равными значениями изгибающих моментов по концам определяются по устанавливаемым пользователем критериям. Переход к сортаментным значениям переменных проектирования предусмотрен в конце каждой итерации.

Проведены численные исследования трехпролетной неразрезной балки. Сечение балки – нормальный двутавр по ГОСТ 26020-83. Зависимость между напряжениями и деформациями принята в виде кубической параболы.

На основе результатов расчета неразрезной балки двутаврового сечения при использовании унифицированных групп переменных проектирования дана оценка сходимости итерационного процесса (решения получены менее чем за 28 итераций). Установлено, что полученные оптимальные планы соответствуют глобальному минимуму. Объем материала конструкции, рассчитанной с учетом физической нелинейности материала, на 5-8 % меньше объема материала конструкции, рассчитанной по линейному закону. При переходе от дискретных значений переменных проектирования к сортаментным объем материала конструкции увеличивается на 1-4 %. Перемещения сечений конструкции, рассчитанной с использованием нелинейного закона « σ - ϵ » значительно больше (\approx в 2 раза) соответствующих перемещений для конструкции, запроектированной из материала с линейным физическим законом.

С использованием разработанных программ по оптимизации нелинейно-упругих шарнирно-стержневых систем выполнены расчеты той же балки при моделировании ее двух, трех и пятипоясными фермами. Получены основные зависимости, связывающие площади сечения элементов балки и эквивалентных шарнирно-стержневых моделей (критерий эквивалентности – равенство потенциальных энергий деформаций балки и фермы-модели).

Проведены численные исследования пластины сложной конфигурации. Пластина постоянной толщины, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой и сосредоточенной силой. Пластина свободно опирается по всему контуру. В расчетах приняты гипотезы и допущения теории пластинок. Ставилась задача отыскания минимальной толщины пластины при комбинации ограничений:

- а) по прочности (ограничения на максимальные напряжения);
- а) по жесткости (ограничения на прогибы);

Определены оптимальные значения параметров при решении задач оптимизации. Анализ результатов расчета позволил сделать следующие выводы, что в задачах оптимизации с ограничениями на прогибы наблюдается существенный запас прочности.

Разработанные алгоритмы и программы оптимизации физически нелинейных систем учитывают реальные условия проектирования и могут использоваться проектными, конструкторскими и исследовательскими организациями строительного профиля при проектировании зданий и сооружений, оценке действительной несущей способности их конструкций, что позволит получить оптимальные размеры поперечных сечений конструкций, приведет к экономии материальных ресурсов и снижению стоимости строительства. Полученные результаты будут использоваться в учебном процессе ВУЗов при изложении вопросов расчета строительных конструкций, что обеспечит подготовку высококвалифицированных специалистов для строительной отрасли.

«Строительство и архитектура 36» «Разработка методов и средств расчета деформаций и осадок строительных объектов как трехмерных, нелинейных систем твердых тел». Научный руководитель д-р техн. наук Быховцев В.Е. Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины», кафедра вычислительной математики и программирования.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 36» разработаны оригинальная методология, технология и унифицированное программное обеспечение компьютерного визуального объектно-ориентированного моделирования деформаций и осадок строительных объектов как трехмерных нелинейных систем твердых тел. Разработанные технология и программное обеспечение

включают технологию и программное обеспечение интерфейса визуального ввода-вывода данных. Разработанный интеллектуальный продукт ориентирован на исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) различных двумерных, пространственных осесимметричных и пространственных общего типа систем оснований и фундаментов произвольной структуры и свойств. Произведена верификация разработанных методов, алгоритмов, технологии и программного обеспечения: программные комплексы семейства «Энергия».

При компьютерном моделировании систем механики грунтов используются следующие исходные данные:

- область определения системы – определяются форма и размеры расчетной области;
- структуры грунтовых напластований – мощность и глубина залегания слоев, линз и включений грунтов с указанием их физико-механических характеристик. Закон нелинейного деформирования грунта может быть любой, рекомендуется в виде степенной функции;
- тип и структура фундамента – тип и структура фундаментов произвольные;
- величина и характер распределения внешней нагрузки – нагрузка на фундамент может быть непрерывной и (или) дискретной, распределение произвольное;
- параметры дискретизации – определяются исходя из размеров расчетной области, структуры и свойств грунтового основания, типа и структуры фундамента.

При работе с программным обеспечением компьютерного моделирования заданной структуры фундаментов и грунтовых оснований выполняются следующие действия:

- формируются вектора для автоматического построения дискретизованной области;
- создается конкретное наполнение базы данных характеристик грунтового основания;
- формируются вектора граничных условий для заданной системы;
- на экране монитора строится виртуальная физическая модель системы, производится адресная привязка конструктивных элементов фундамента, при этом каждому конечному элементу системы назначаются его начальные свойства, считываемые из соответствующей базы данных.

На рис. 39-42 показана технология компьютерного объектно-ориентированного моделирования осесимметричных и общего типа трехмерных систем структур фундаментов на грунтовом основании: программные комплексы «Энергия-ОС» и «Энергия-3Д».

Далее происходит численное решение сформированной задачи. Результаты решения представлены значениями компонент векторов перемещений для каждого узла дискретизованной области при условиях линейного и нелинейного деформирования. Производится экранная визуализация результатов в графической и в табличной формах.

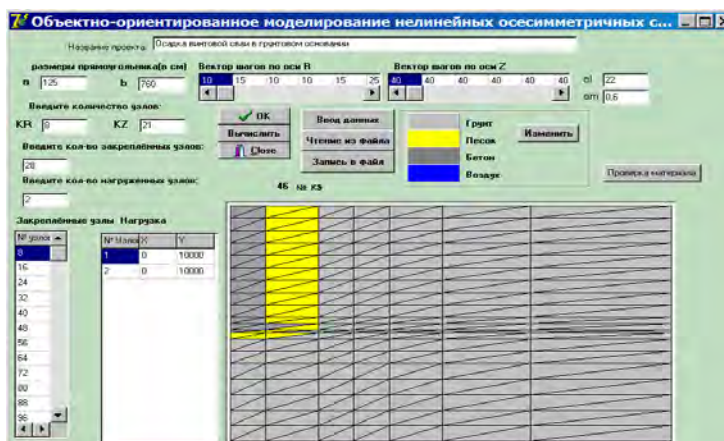


Рисунок 39 – Технология компьютерного объектно-ориентированного моделирования системы «Винтовая свая – грунтовое основание с локальным уплотнением»

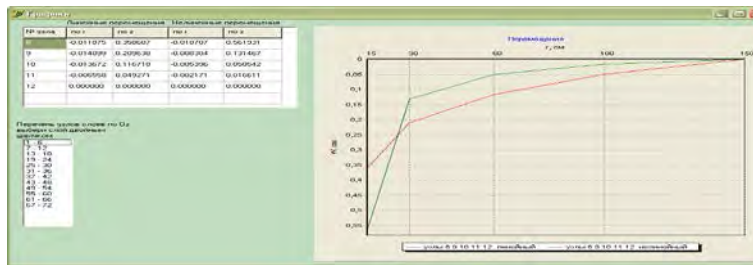


Рисунок 40 – График деформаций грунтового основания сваи

На рис. 40, 41 показана визуализация результатов решения задачи об осадке сваи (Осесимметричная задача).

Осадки свайного фундамента
Линейные перемещения
Модельная задача № 1

N 1 U=0.000 V=0.364	N 2 U=-0.023 V=0.363	N 3 U=-0.062 V=0.211	N 4 U=0.063 V=0.122	N 5 U=-0.037 V=0.055	N 6 U=0.000 V=0.000
N 7 U=0.000 V=0.367	N 8 U=-0.012 V=0.359	N 9 U=-0.019 V=0.210	N 10 U=-0.014 V=0.117	N 11 U=-0.007 V=0.049	N 12 U=0.000 V=0.000
N 13 U=0.000 V=0.353	N 14 U=-0.012 V=0.354	N 15 U=-0.012 V=0.203	N 16 U=-0.011 V=0.113	N 17 U=-0.005 V=0.050	N 18 U=0.000 V=0.000
N 19 U=0.000 V=0.348	N 20 U=-0.012 V=0.351	N 21 U=-0.012 V=0.200	N 22 U=-0.011 V=0.112	N 23 U=-0.005 V=0.050	N 24 U=0.000 V=0.000
N 25 U=0.000 V=0.342	N 26 U=-0.011 V=0.340	N 27 U=-0.012 V=0.198	N 28 U=-0.011 V=0.111	N 29 U=-0.005 V=0.049	N 30 U=0.000 V=0.000
N 31 U=0.000 V=0.345	N 32 U=-0.011 V=0.346	N 33 U=-0.012 V=0.197	N 34 U=-0.010 V=0.109	N 35 U=-0.005 V=0.048	N 36 U=0.000 V=0.000
N 37 U=0.000 V=0.344	N 38 U=-0.011 V=0.345	N 39 U=-0.011 V=0.195	N 40 U=-0.010 V=0.108	N 41 U=-0.004 V=0.047	N 42 U=0.000 V=0.000
N 43 U=0.000 V=0.343	N 44 U=-0.013 V=0.345	N 45 U=-0.011 V=0.191	N 46 U=-0.007 V=0.102	N 47 U=-0.002 V=0.043	N 48 U=0.000 V=0.000

Рисунок 41 – Таблица деформаций грунтового основания сваи

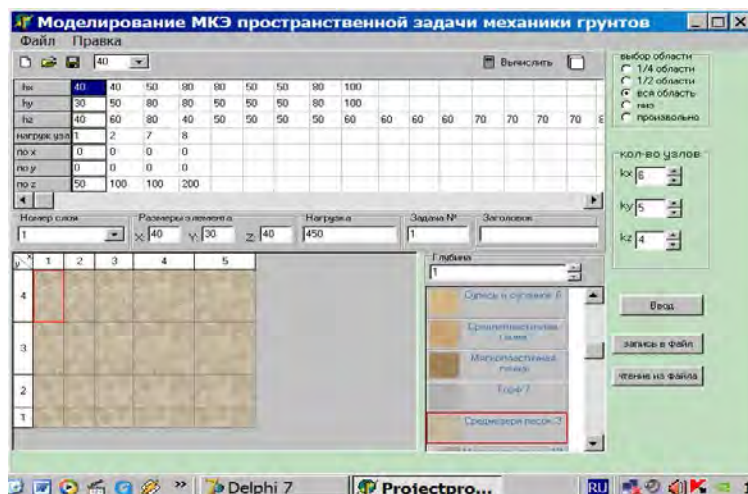


Рисунок 42 – Технология компьютерного объектно-ориентированного моделирования трехмерных систем структур фундаментов на грунтовом основании

Методом компьютерного объектно-ориентированного моделирования была исследована эффективность трех подходов определения осадки винтовой сваи. Результаты численного моделирования представлены в табл. 22 и на графиках (рис. 43). Из их анализа следует, что алгоритмически, технологически и по точности решения лучшим оказывается разработанный метод решения на основе построения эквивалентного грунтового основания.

Таблица 22 – Осадки винтовой сваи при вдавливании в грунтовое основание, определенное различными механико-математическими моделями

P(кН)		10	15	20	25
H)	50	0	0	0	0
S _{оп}	0,4	1,1	2,2	4	6,5
S _{экв}	0,3	1,1	2,3	3,9	5,9
S _{упл}	0,4	1,3	2,5	4,2	6,2
S _{нач}	0,5	1,6	3,2	5,4	7,9

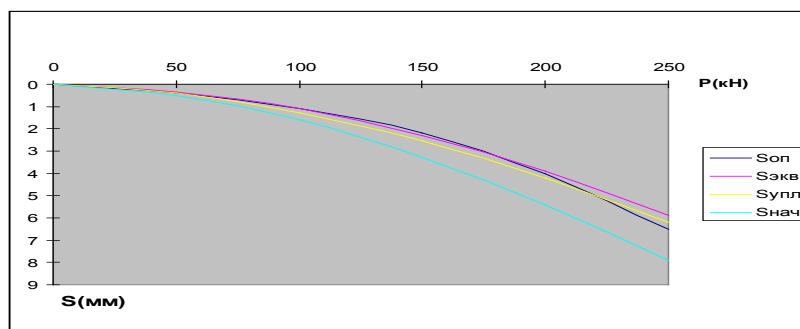


Рисунок 43 – Осадки винтовой сваи при вдавливании в грунтовое основание, определенное различными механико-математическими моделями

Принятые обозначения:

S_{оп} – осадка сваи определена посредством натурального эксперимента,

S_{экв} – осадка сваи вычислена для условий эквивалентного основания,

S_{упл} – осадка сваи вычислена для условий уплотнения грунта вокруг сваи,

S_{нач} – осадка сваи вычислена для условий начальных характеристик грунта.

«Строительство и архитектура 37» «Разработка методов расчета напряженно-деформированного состояния и исследования устойчивости габаритных тонкостенных конструкций, состоящих из сопряженных гофрированных цилиндрических панелей». Научный руководитель д-р физ.-мат. наук Михасев Г.И. Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова», кафедра прикладной математики и механики.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 37» разработаны

– методика исследования устойчивости гофрированной оболочки средней длины близкой по форме к цилиндрической, лежащей на упругом винклеровском основании, под действием неоднородного внешнего давления, содержащая формулы для критической нагрузки с учетом неоднородности упругого основания, нагружения и произвольного вида краев;

– пакет прикладных программ, позволяющий при исследовании устойчивости гофрированной оболочки средней длины, лежащей на упругом основании, под действием неоднородного внешнего давления найти численное решение разрешающего уравнения относительно нормального прогиба, вычислить критическое значение параметра нагружения и число волн, проанализировать влияние наличия гофра на величину критической нагрузки;

– разработан пакет прикладных программ, выполняющий численные расчеты для деформаций, мембранных и перерезывающих усилий и моментов, возникающих в срединной поверхности гофрированной панели, залегающей в грунте, учитывающий зависимость от длины волны гофра, толщины и величины угла раствора панели.

Исследовано напряженно-деформированное состояние составной конструкции, состоящей из элементов гофрированных панелей.

Рассмотрена составная конструкция, состоящая из сопряженных цилиндрических гофрированных панелей, находящаяся под действием переменного гидростатического давления. Составлена математическая модель составной конструкции для расчета ее напряженно-деформированного

состояния (НДС). На основе данной модели получены системы дифференциальных уравнений для оценки возникающих усилий и перемещений в сопряженных гофрированных панелях.

Найдено решение указанных систем с использованием метода многих масштабов. В результате решения систем уравнений, описывающих осесимметричное и неосесимметричное НДС конструкции, получены в явном виде выражения для расчета усилий и перемещений, возникающих в элементах конструкции.

В ходе выполнения задания «Строительство и архитектура 37» исследовано влияние коэффициента постели и длины волны гофра на бифуркацию тонкой гофрированной оболочки, лежащей на упругом основании, под действием гидростатического давления.

Рассмотрим тонкостенную гофрированную оболочку толщиной h средней длины L , лежащую на упругом основании (рис. 44).

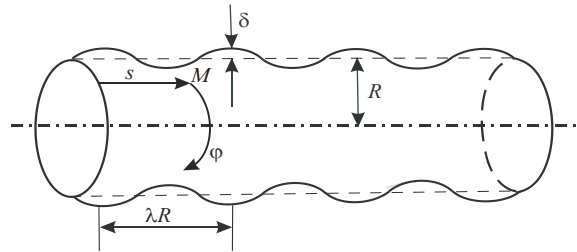


Рисунок 44 – Гофрированная оболочка

Расстояние от оси вращения до срединной поверхности оболочки, отнесенное к радиусу R , зададим функцией:

$$B(s) = 1 + \mu F(s), \quad F(s) = \sin(2\pi s / (\lambda R)), \quad \mu = \delta / R, \quad (54)$$

где μ – малый параметр; δ – высота волны гофра; λ – длина волны гофра, отнесенная к радиусу R .

Предполагается, что функция $F(s)$, описывающая форму начальных отклонений от цилиндрической поверхности, имеет порядок единицы и существенно не возрастает при дифференцировании. Для учета реакции упругого основания примем модель Винклера.

Пусть на оболочку действует внешнее неоднородное гидростатическое давление $Q_n^*(\varphi)$. Для описания локальной бифуркации безмоментного напряженного состояния используем систему полубезмоментных уравнений тонких оболочек, записанную в безразмерном виде:

$$\begin{aligned} \varepsilon^4 \Delta^2 w + \varepsilon^2 \Lambda \Delta_t w - \Delta_k \Phi + e w &= 0, \\ \varepsilon^4 \Delta^2 \Phi + \Delta_k w &= 0, \end{aligned} \quad (55)$$

$$\Delta = \frac{1}{A_1 A_2} \left[\frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{A_2}{A_1} \frac{\partial}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{A_1}{A_2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \right) \right], \quad \Delta_k = \frac{1}{A_1 A_2} \left[\frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{A_2}{A_1 R_2} \frac{\partial}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{A_1}{A_2 R_1} \frac{\partial}{\partial \varphi} \right) \right],$$

$$\Delta_t = \frac{1}{A_1 A_2} \left[\frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{A_2}{A_1} t_1 \frac{\partial}{\partial s} + t_3 \frac{\partial}{\partial \varphi} \right) + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\frac{A_1}{A_2} t_2 \frac{\partial}{\partial \varphi} + t_3 \frac{\partial}{\partial s} \right) \right].$$

Здесь усилия T_i ($i = \overline{1..3}$), функция напряжения Φ^* связаны со своими безразмерными аналогами по формулам: $T_i = -\Lambda E h \varepsilon^6 t_i$, $\Phi^* = E h R^2 \varepsilon^4 \Phi$; w – нормальное перемещение точек срединной поверхности оболочки; $\varepsilon^8 = h^2 / [12(1 - \nu^2) R^2]$ – малый параметр, характеризующий относительную толщину оболочки; $e = \alpha R^3 [12(1 - \nu^2)]^{1/2} / (E h^2)$, ν – коэффициент Пуассона, E – модуль Юнга, Λ – искомый параметр нагружения, α – коэффициент постели упругого основания, R_1, R_2 – радиусы кривизны срединной поверхности оболочки, отнесенные к R , A_1, A_2 – параметры Ляме.

На краях оболочки рассмотрим условия жесткого закрепления:

$$w = \frac{\partial w}{\partial s} = 0 \quad \text{при } s = 0, s = l, \quad (56)$$

где $l = L/R$.

Поскольку вследствие неоднородности гидростатического давления оболочка теряет устойчивость локально, в окрестности некоторой «наиболее слабой» образующей $\varphi = \varphi_0$, то выполним растяжение масштаба в окрестности линии $\varphi = \varphi_0$:

$$\varphi = \varphi_0 + \varepsilon^{1/2} \xi. \quad (57)$$

Решение задачи (55), (56) будем искать в виде:

$$w(s, \varphi, \varepsilon) = w_* \exp\left\{i\left(\varepsilon^{-1/2} p \xi + \frac{1}{2} a \xi^2\right)\right\}, \quad \Phi(s, \varphi, \varepsilon) = \Phi_* \exp\left\{i\left(\varepsilon^{-1/2} p \xi + \frac{1}{2} a \xi^2\right)\right\},$$

$$w_* = \sum_{j=0}^{\infty} \varepsilon^{j/2} w_j(\xi, s), \quad \Phi_* = \sum_{j=0}^{\infty} \varepsilon^{j/2} \Phi_j(\xi, s), \quad (58)$$

где $w_j(\xi, s)$, $\Phi_j(\xi, s)$ – полиномы по ξ , имеющие достаточное число раз дифференцируемые по s коэффициенты; p – вещественное число, определяющее изменчивость в направлении φ ; параметр a характеризует скорость уменьшения глубины вмятин при удалении от «наиболее слабой» образующей $\varphi = \varphi_0$.

Будем рассматривать случай, когда $2\pi/\lambda \sim 1$. Для того чтобы влияние начального отклонения $F(s)$ проявлялось уже в нулевом приближении, положим $\mu = \kappa \varepsilon^2$, где $\kappa \sim 1$. Параметр нагружения будем искать в виде:

$$\Lambda = \Lambda_0 + \varepsilon \Lambda_1 + \varepsilon^2 \Lambda_2 + \dots \quad (59)$$

В нулевом приближении при $j = 0$ получаем краевую задачу:

$$\frac{1}{p^4} \frac{\partial^4 w_0}{\partial s^4} + \frac{2\kappa}{p^2} \frac{\partial}{\partial s} \left(F_{ss}'' \frac{\partial w_0}{\partial s} \right) +$$

$$+ [p^4 + \frac{\kappa}{p^2} F_{ssss}^{IV} + \kappa^2 (F_{ss}'')^2 + e] w_0 - \Lambda_0 p^2 t_2(\varphi_0) w_0 = 0 \quad (60)$$

$$w_0 = \frac{\partial w_0}{\partial s} = 0 \quad \text{при } s = 0, l. \quad (61)$$

В данном случае в нулевом приближении учитывается лишь окружное усилие t_2 , которое связано с внешним давлением Q_n^* по формуле:

$$Q_n^*(\varphi) = -\Lambda \varepsilon^6 E h R^{-1} t_2(\varphi). \quad (62)$$

Влияние остальных усилий проявляется только в приближениях более высокого порядка.

Наименьшему значению критической нагрузки оболочки соответствует наименьшее положительное собственное значение $\Lambda_0 = \Lambda_0(p, \varphi_0)$ краевой задачи (60), (61). Положим

$$\Lambda_0^0 = \min_{p, \varphi_0} \Lambda_0(p, \varphi_0) = \Lambda_0(p_0, \varphi_0^0).$$

При сделанных предположениях «наиболее слабая» образующая $\varphi_0 = \varphi_0^0$ полностью определяется видом функции $t_2(\varphi)$. Пусть

$$t_2(\varphi) = 1 + \frac{1}{2} \eta (\varphi - \pi)^2 + \dots, \quad (63)$$

где $\eta = t_2''(\pi) < 0$ – параметр, характеризующий неоднородность нагружения.

Тогда наиболее слабой будет образующая $\varphi_0 \equiv \pi$, соответствующая нижней точке оболочки.

Величины, Λ_0^0 и p_0 могут быть найдены путем численного интегрирования краевой задачи (60), (61).

Все численные расчеты выполнялись для оболочки со следующими геометрическими и физическими параметрами: длина оболочки $L = 4$ м; радиус опорного цилиндра $R = 1$ м; толщина оболочки $h = 0,004$ м; высота волны гофра $\delta = 0,057$ м; коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$; модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м². Значения остальных параметров в каждом случае оговариваются отдельно.

На рис. 45, 46 показана зависимость величины критической нагрузки Λ_0^0 и волнового числа p_0 от длины волны гофра λ для разных значений коэффициента постели α упругого наполнителя.

Видно, что величина критической нагрузки Λ_0^0 слабо зависит от длины волны гофра λ и возрастает с увеличением коэффициента постели α . Соответствующие значения параметра p_0 также возрастают с увеличением коэффициента постели, однако зависимость от длины волны гофра λ оказывается более сложной.

Условия разрешимости поставленной задачи в первом и втором приближении позволяют найти еще один член в разложении (59), исходя из решения задачи (60), (61):

$$\Lambda_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\Lambda_{pp} \Lambda_{\varphi\varphi} - \Lambda_{p\varphi}^2}. \quad (64)$$

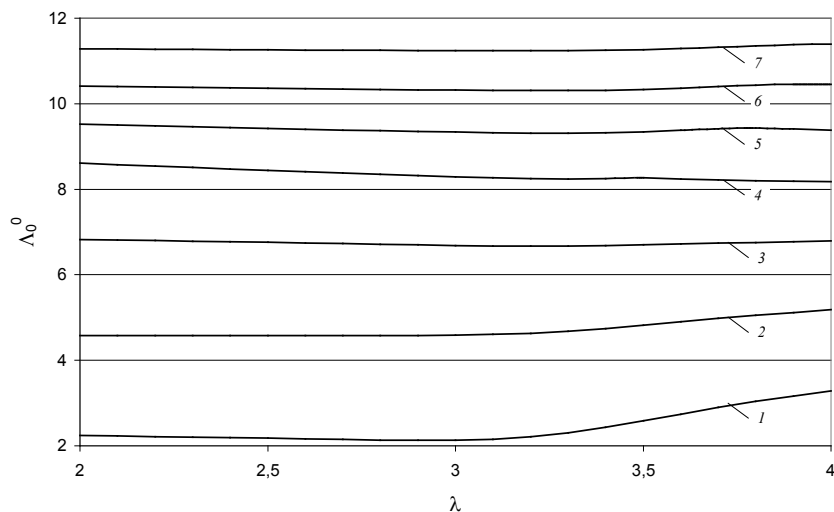


Рисунок 45 – Зависимость критической

нагрузки Λ_0^0 от длины волны гофра λ

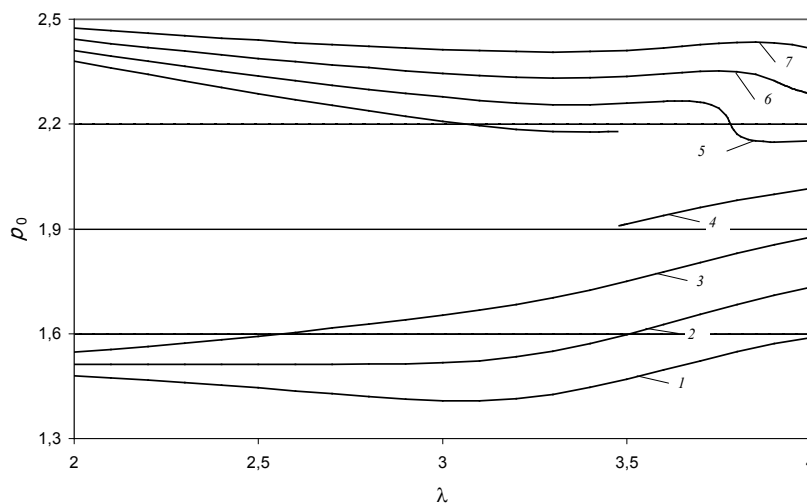


Рисунок 46 – Зависимость волнового числа p_0 от длины волны гофра λ

$$\begin{aligned} 1 - \alpha &= 0; & 2 - \alpha &= 0,5 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3; & 3 - \alpha &= 1,0 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3; \\ 4 - \alpha &= 1,5 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3; & 5 - \alpha &= 2,0 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3; \\ 6 - \alpha &= 2,5 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3; & 7 - \alpha &= 3,0 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3 \end{aligned}$$

Здесь индексами p , φ обозначены производные функции $\Lambda_0 = \Lambda_0(p, \varphi_0)$, вычисленные при $p = p_0$, $\varphi_0 = \varphi_0^0$.

Проведенные расчеты позволяют найти величину критической нагрузки с учетом неоднородности нагружения и наличия наиболее слабой образующей. Результаты вычислений при $\alpha = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3$

приведены в табл. 23. В ячейках, содержащих два значения, верхнее соответствует $\eta = -1$, нижнее – $\eta = -0,5$. Для перехода к размерным величинам, значения нагрузки, приведенные в таблице, следует умножить на $\varepsilon^6 E h R^{-1}$.

Таблица 23

λ	Λ_0^0	Λ_1	$\Lambda = \Lambda_0^0 + \varepsilon\Lambda_1$	Вклад поправки
2,0	8,612	7,437	9,994	16,0%
		5,259	9,589	11,3%
2,5	8,441	6,122	9,578	13,5%
		4,329	9,245	9,5%
3,0	8,294	5,408	9,299	12,1%
		3,824	9,005	8,6%
3,5	8,265	4,300	9,064	9,7%
		3,040	8,830	6,8%
4,0	8,175	4,371	8,987	9,9%
		3,091	8,749	7,0%

Из таблицы видно, что с уменьшением модуля параметра η , характеризующего неоднородность нагружения, имеет место уменьшение величины поправки Λ_1 и ее вклада в итоговое значение. Расчеты показывают, что подобное происходит и с ростом коэффициента постели α упругого основания.

Проведенные расчеты показывают сильную зависимость значений критического внешнего давления и числа волн от коэффициента постели упругого основания и неоднородности нагружения, что указывает на обязательность учета этих характеристик при проектировании инженерно-строительных конструкций.

«Строительство и архитектура 38» «Разработка методики расчета и конструирования железобетонных конструкций, подверженных кручению с изгибом, в соответствии с СНБ 5.03.01-02 и рекомендаций при возведении зданий и сооружений». Научный руководитель д-р техн. наук Семенов С.Д. Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», кафедра «Строительные конструкции, здания и сооружения».

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 38» разработаны:

- методика расчета железобетонных пространственных фундаментов, как системы перекрестных балок с учетом ползучести бетона;
- методика расчета прочности контакта сборного и монолитного бетона;
- методика расчета по второй группе предельных состояний железобетонных конструкций, подверженных сложным видам деформаций;
- методика расчета на кручение элементов фундаментно-подвальной части таврового сечения;

Расчет прочности контакта сборного и монолитного бетона

Предельные усилия вдоль поверхности контакта определяются на основе следующих предпосылок:

- контакт сборного элемента и монолитного бетона рассматривается как дисперсная система, состоящая из нормальных и сдвиговых связей, при этом считается, что нормальные связи абсолютно жесткие, а сдвиговые обладают упругопластической податливостью;
- в качестве критерия исчерпания несущей способности поликомпонентных контактов принимается нарушение сплошности контакта; за критерий исчерпания несущей способности шпоночных контактов принят срез бетона шпонок в плоскости контакта.

Проверку прочности контакта производим из условия:

$$F_{cd} = \tau_{cd} b_{cd} l_{cd}, \quad (65)$$

где $F_{сд}$ – усилие сдвига; $\tau_{сд}$ – среднее суммарное предельное сопротивление сдвигу; $b_{сд}$ – ширина ожидаемой поверхности сдвига, по которой производится проверка прочности контакта; $l_{сд}$ – длина участка сдвига.

В общем случае среднее суммарное предельное сопротивление сдвигу равно:

$$\tau_{сд} = \tau_{сц} + \tau_{шп} + \tau_{тр} \frac{b_{г}}{b_{сд}}, \quad (66)$$

где $\tau_{сд}$ – сопротивление за счет сцепления и механического зацепления; $\tau_{шп}$ – сопротивление работы бетонных шпонок на срез; $\tau_{тр}$ – сопротивление трения; $b_{г}$ – ширина горизонтального участка ожидаемой поверхности сдвига;

$$\tau_{сц} = K_1 \cdot R_{тр}, \quad (67)$$

$$\tau_{шп} = 2 f_{ct}, \quad (68)$$

$$\tau_{тр} = \frac{K_2 \cdot V}{b_{г} \cdot l_{сд}}, \quad (69)$$

где K_1 – характеристика поверхности контакта, определяемая по табл. 24; $K_2 = 0,63$ – коэффициент трения бетона о бетон; V – поперечная сила, действующая в расчетном сечении и определяемая из статического расчета.

Таблица 24 – Характеристика поверхности контакта

Состояние поверхности контакта сборного элемента	Значение K_1 в зависимости от класса монолитного бетона			
	С 8/10	С 12/15	С 16/20	С 20/30
Гладкая, сухая; контакт между бетонами - по нескольким плоскостям	0,9	1,2	1,1	1,0
То же, контакт плоский	0,6	0,6	0,55	0,5
Шероховатая, сухая; контакт между бетонами по нескольким плоскостям	1,2	1,6	1,5	1,3
То же, контакт плоский	0,8	0,8	0,7	0,6

Примечания:
1. Под гладкой подразумевается поверхность как отпечаток деревянной опалубки или заглаживание в ручную по свежему бетону; под шероховатой – имеющая искусственные или естественные выступы высотой до 10 мм.
2. Выступы высотой более 10 мм рассматриваются как шпонки.
3. Промежуточные значения K_1 находят по интерполяции.

Расчет прочности контакта связан с расчетом прочности по наклонным сечениям. При расчете усилие определяется по формулам:

в однопролетной свободно опертой балке

$$F_{сд} = F_c = f_c \cdot b \cdot x_c, \quad (70)$$

в многопролетной неразрезной балке

$$F_{сд} = F_{с,np} + F_{с,on}, \quad (71)$$

где $F_{с,np}$ – усилие в сжатом бетоне в пролете; $F_{с,on} = f_s \cdot A_s$ – усилие в растянутой арматуре на опоре.

Длина участка сдвига $l_{сд}$ определяется по формулам:

в однопролетной свободно опертой балке

$$l_{сд} = a + C \left(\frac{i}{d - x_c} - 1 \right), \quad (72)$$

в многопролетной неразрезной балке

$$l_{сд} = S + \frac{i_{np} + C_{с,np}}{h_{np} - x_{с,np}} \cdot C_{np} - \frac{h_{с,on} - x_{с,on} - i_{on}}{h_{on} - x_{с,on}} \cdot C_{on}, \quad (73)$$

где S – проекция на ось конструкции расстояния от вершины опорной наклонной трещины до основания пролетной наклонной трещины; i – расстояние от сжатой грани до плоскости сдвига; $i_{оп}$, $i_{пр}$ – то же, соответственно на опоре и в пролете.

Длину проекции наклонной трещины определяют:

при пролете среза $a = 0,25 L$

$$C = 2a \left[\sqrt{1 - \frac{0,75M_r}{M_p}} - 0,5 \right], \quad (74)$$

при пролете среза $a = 0,5 L$

$$C = \frac{M_{p(r)} - M_r}{M_{p(r)}} \cdot a. \quad (75)$$

В общих случаях должно выполняться условие:

$$d \leq C \leq 2d.$$

«Строительство и архитектура 39» «Разработка методики расчета железобетонных конструкций из напрягающего бетона с комбинированным преднапряжением арматуры». Научный руководитель канд. техн. наук Кондратчик А.А. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра строительных конструкций.

В результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 39» экспериментальным путем установлены неравномерность развития деформаций расширения напрягающего бетона по длине элементов и способ их выравнивания посредством установки сеток косвенного армирования на торцевых участках.

При проектировании железобетонных конструкций из напрягающего бетона считалось, что распределение деформаций расширения зависит только от интенсивности упругого ограничения деформациям расширения и эксцентриситета его приложения. Выполненные исследования позволили установить наличие неравномерности развития деформаций напрягающего бетона на торцевых и среднем по длине элемента участках.

Исследования выполнены на элементах с центральным приложением упругого ограничения деформациям расширения. Характеристики образцов:

$$\text{Б-4-С} - \rho_{ls} = 0,96\%, \rho_{xy} = 0;$$

$$\text{БС-4-С} - \rho_{ls} = 0,97\%, \rho_{xy} = 0,96\%;$$

$$\text{БС-4-К} - \rho_{ls} = 1,0\%, \rho_{xy} = 1,4\%; f_{cm} = 55,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{CE} = 1,1 \text{ МПа}.$$

Образцы отличались наличием сеток косвенного армирования на торцевых участках (ρ_{xy}) и способом предварительного напряжения арматуры – С (физико-химический) и К (комбинированный). Результаты исследования приведены на рис. 47.

Установлены следующие особенности:

– Условия расширения бетона на крайних участках различны, что привело к расхождению деформаций по величине до 27,5 %.

– Установка сеток косвенного армирования на торцевых участках снижает это расхождение в зависимости от процента косвенного армирования: при $\rho_{xy} = 0,96\%$ до 16,6 %, а при $\rho_{xy} = 1,4\%$ до 4,7 %.

– Установка сеток косвенного армирования на торцевых участках интенсивностью $\rho_{xy} = 1,4\%$ привела к выравниванию деформаций расширения по всей длине элемента как в начальный, так и в последующие периоды развития процесса расширения.

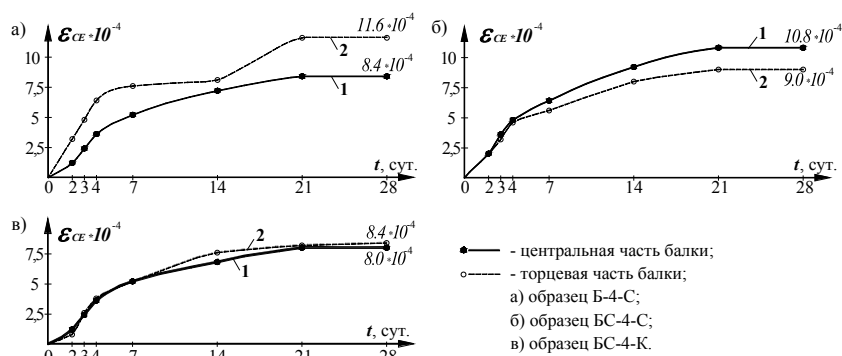


Рисунок 47 – Изменение деформаций расширения напрягающего бетона на торцевых и среднем участках по длине балки

Полученные результаты имеют практическое значение и должны учитываться:

- при определении напряженного состояния приопорных участков, учитываемого при расчете трещиностойкости и прочности наклонных сечений;
- при конструировании изгибаемых элементов из напрягающего бетона в части обязательной установки сеток косвенного армирования на торцевых участках.

«Строительство и архитектура 40» «Разработка методов расчета напряженно-деформированного состояния сложных стальных и сталежелезобетонных конструкций при нестационарных силовых и несиловых воздействиях». Научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра строительных конструкций.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 40» разработана новая металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ», конкурентоспособная со всеми известными мировыми аналогами, которая защищена 15 патентами на полезную модель и изобретение и внедрена в строительные проекты на 19 объектах Республики Беларусь и одном объекте Российской Федерации. Разработан метод расчета сложных архитектурно-конструктивных систем с применением структурной конструкции системы «БрГТУ» на динамическую и статическую устойчивость и неизменяемость, проведены испытания большепролетных сооружений, в результате которых получены принципиально новые знания по обеспечению безотказности и долговечности очень ответственных и сложных инженерных объектов.

Разработана методика технического мониторинга большепролетных структурных конструкций системы «БрГТУ», основанная на измерении динамических характеристик стержней конструкции, позволившая в режиме реального времени определять действительное напряженно-деформированное состояние сооружения.

При выполнении задания «Строительство и архитектура 40» на основании экспериментальных и теоретических исследований был разработан метод расчета напряженно-деформированного состояния новой металлической структурной конструкции системы «БрГТУ», включающий расчет узлов из полых толстостенных шаров с отверстиями в условиях многослойного нагружения с учетом имеющихся конструктивных особенностей, таких как диаметр отверстия под болт, диаметра и толщины стенки, формы и размеров шайб и др. и расчет стержней в составе структуры.

Исследованы закономерности наступления предельных состояний стержней структуры и определены действительные расчетные модели структуры и расчетные схемы стержней структуры.

Разработана методика технического мониторинга структурных конструкций системы «БрГТУ», основанная на определении усилий в стержнях при помощи измерения собственных частот колебаний этих стержней. Методика обеспечивает высокую точность определения напряженного состояния конструкции в режиме реального времени.

Исследования напряженно-деформированного состояния узла металлической структурной конструкции системы «БрГТУ»

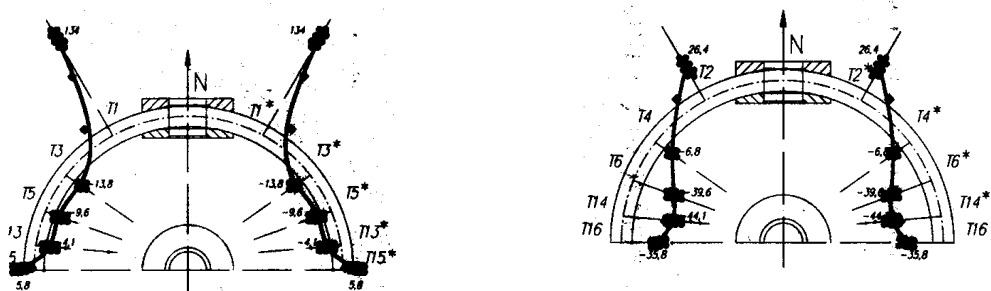
Несущая способность узла структуры системы «БрГТУ», состоящего из полый толстостенной сферы с отверстиями под высокопрочные болты, определяется прочностью высокопрочных болтов на растяжение и несущей способностью толстостенной сферы, нагруженной усилиями стержней

структуры. Полая толстостенная сфера с отверстиями в стенке и подкрепляющими шайбами является, с точки зрения аналитического расчета, очень сложной задачей, в которой напряженно-деформированное состояние зависит от многих факторов: диаметра сферы, толщины ее стенки, диаметра и мест расположения отверстий, количества локальных нагрузок, размеров и формы подкрепляющих шайб. В настоящее время точного решения этой задачи не существует.

Для исследования напряженно-деформированного состояния толстостенной сферы с отверстиями и подкрепляющими шайбами разработана конечно-элементная модель и выполнены численные расчеты с применением вычислительного пакета «MSC. Visual Nastran for Windows». В расчетной модели варьировались варианты загрузки локальными нагрузками (одноосное, двухосное и многоосное нагружения), геометрические размеры полой сферы (радиус, толщина стенки), размеры подкрепляющих шайб, характер нагрузки (растяжение, сжатие).

Численная конечно-элементная модель была протарирована испытаниями серии узлов структуры системы «БрГТУ» при одноосном и двухосном нагружении. Напряжения измерялись при помощи тензометров, наклеенных на наружной и внутренних поверхностях сферы. Испытания узлов позволило получить данные деформирования при растяжении или сжатии и протарировать расчетную модель и определить действительное напряженно-деформированное состояние толстостенной сферы с отверстиями с учетом всех конструктивных и геометрических особенностей (рис. 48).

Выполнено исследование напряженно-деформированного состояния полого шара с отверстиями и подкрепляющими шайбами при многоосном нагружении локальными нагрузками и установлены закономерности распределения напряжений и деформаций в зависимости от диаметра и толщины полого шара, размеров подкрепляющих шайб, величины локальных нагрузок от усилий в стержнях структуры (рис. 49). Установлены основные зоны повышенной напряженности в теле полого шара и определены условия их появления в зависимости от величин и знаков усилий: кольцевая, вокруг подкрепляющих шайб; по середине между отверстиями для болтов стрежней поясов структуры; в полосе между четырьмя отверстиями для болтов раскосов структуры.



× – экспериментальные данные; ◆ – численный расчет

а) меридиональных; б) кольцевых

Рисунок 48 – Распределение нормальных напряжений на внешней поверхности сферы диаметром 160 мм и толщиной стенки 10 мм при одноосном растяжении

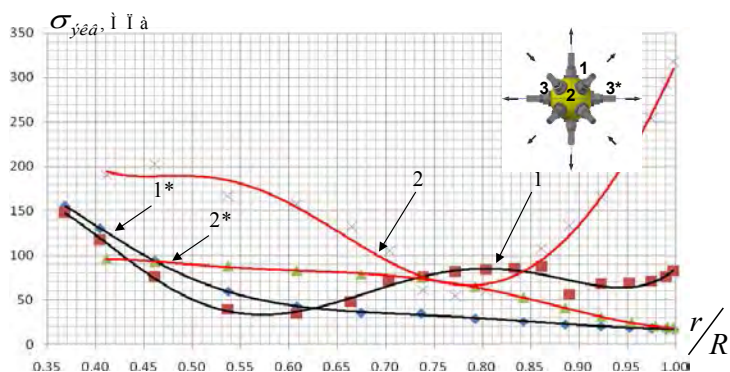


Рисунок 49 – Распределение эквивалентных напряжений при

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования предельного состояния полого шара с отверстиями позволили установить, что при любых соотношениях усилий в стержнях структуры исчерпание несущей способности узла происходит всегда в результате развития пластических деформаций стали в кольцевой зоне вокруг шайб, сопровождающиеся выпучиванием или вдавливанием стенки при растяжении или сжатии. Появление пластических деформаций, изменяющих форму шара в других зонах, либо образования трещин, а его стенке, не происходит.

Разработана достоверная методика определения несущей способности узлов структурной конструкции, основанная на сопоставлении максимального усилия, действующего на узел, с максимальным допустимым усилием, назначенным на основании диаграмм деформирования («нагрузка-деформация») при одноосном растяжении и сжатии полого с отверстиями и подкрепляющими шайбами.

Исследование несущей способности структурной конструкции системы «БрГТУ»

Для разработки рекомендаций по расчету структурных конструкций системы «БрГТУ» для практического применения при проектировании были проведены экспериментально-теоретические исследования опытных фрагментов и натуральных сооружений. Выполнена проверка правильности метода расчета, применяемого при определении напряженно-деформированного состояния структуры системы «БрГТУ», определен характер предельного состояния, исследовано напряженно-деформированное состояние структурной конструкции.

Проведенные экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния структурной конструкции системы «БрГТУ» показывают, что действительное напряженное состояние, определенное экспериментально на фрагментах и натуральных конструкциях, соответствует теоретическим результатам, полученным по расчетным схемам, моделирующей шарнирное сопряжение в узлах (табл. 25). Предельное состояние фрагмента структуры системы «БрГТУ» наступает в результате потери устойчивости наиболее сжатых стержней. Во всех испытаниях потеря устойчивости стержня происходила при усилении, соответствующему усилию, рассчитанному по формуле Эйлера для стержня с шарнирно закрепленным концом. При этом во всех случаях наблюдалось повышение на 8-30 % экспериментального значения $N_{пред}^{экс.}$ по сравнению с критической силой Эйлера $N_{пр.}$. При расчете длина стержня принималась равной расстоянию между центрами узлов структуры.

Измеренные вертикальные перемещения узлов структуры превышают расчетные в 1,1-1,3 раза. Таким образом, податливость узлов влияет на деформативность структуры системы «БрГТУ» и не влияет на распределение усилий.

Таблица 25 – Измеренные и рассчитанные значения предельных усилий в момент потери устойчивости стержня

Номер испытания	Предельное усилие в стержне, кН			Запасы несущей способности конструкции структуры		Коэффициент приведения расчетной длины, $\mu_{уейл}$
	измеренное, $N_{пред}^{экс.}$	рассчитанное по формуле Эйлера, $N_{кр}$	теоретическое в расчетной модели, $N_{теор} (F=F_{пред}^{экс.})$	соотношение $\frac{N_{пред}^{экс.}}{N_{кр}}$	соотношение $\frac{N_{пред}^{экс.}}{N_{теор} (F=F_{пред}^{экс.})}$	
1	2	3	4	5	6	7
1	126	117	113	1.08	1.12	0.96
2	136	117	113	1.16	1.20	0.93
3	140	117	132	1.20	1.06	0.91
4	140	117	147	1.20	0.95	0.91
5	143	117	139	1.22	1.03	0.90
6	154	117	160	1.32	0.96	0.87
7	128	117	131	1.09	0.98	0.96

Определение внутренних усилий необходимо производить по расчетной схеме с шарнирным сопряжением в узлах. Учет узловой податливости структуры системы «БрГТУ» при проверке конструкций по второй группе предельных состояний, является увеличением расчетного прогиба в 1,3 раза. При выполнении проверки на устойчивость сжатых стержней элементов структур системы

«БрГТУ» коэффициент расчетной длины следует принимать $\mu = 1$, при этом геометрическая длина стержня принимается равной расстоянию между центрами узлов.

Технический мониторинг металлических конструкций большепролетного покрытия Летнего амфитеатра в г. Витебске

Изменение собственной частоты колебания элемента конструкции в зависимости от осевого усилия положено в основу проведения комплексных мероприятий по определению действительного напряженно-деформированного состояния структурной конструкции системы «БрГТУ» Летнего амфитеатра в г. Витебске. В ходе мониторинга было проанализировано свыше 170 стержней структуры.

Для определения напряженного состояния стержней были применены зависимости между собственной частотой колебаний стержня и действующим в нем усилием. Эти зависимости имеют следующий вид:

для растянутых стержней

$$\omega_i = \frac{i^2 \pi^2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot F}} \cdot \sqrt{1 + \frac{S l^2}{i^2 \cdot E \cdot I \cdot \pi^2}}, \quad (76)$$

для сжатых стержней

$$\omega_i = \frac{i^2 \pi^2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot F}} \cdot \sqrt{1 - \frac{S l^2}{i^2 \cdot E \cdot I \cdot \pi^2}}, \quad (77)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots$ – номер формы колебания; l – длина стержня; $E I$ – изгибная жесткость стержня; F – площадь поперечного сечения; S – осевое усилие.

Для определения собственной частоты колебаний была разработана компьютерная измерительная система анализа характеристик вибрации ВИКМА-1. Структурная схема прибора включает в себя следующие основные модули: модуль измерения вибрации (МИВ), модуль управления, синхронизации и интерфейса (МУСИ), модуль питания и развязки (МНР).

Принцип действия устройства следующий: при возбуждении поперечных колебаний в стержне конструкции модуль измерения вибраций МИВ передает сигнал на модуль управления, синхронизации и интерфейса МУСИ в течение заданного промежутка времени. ЭВМ считывает данные и по окончании измерения строит график колебательного движения, где по оси абсцисс откладывается время измерения, а по оси ординат виброускорение (рис. 50, 51). Далее программными средствами производится построение спектра частот (рис. 52).

Разработанная методика по определению растягивающего или сжимающего усилия в стержне включает следующие операции:

- Вибрационный датчик ВД с магнитом крепится к стержню в средней части по длине.
- На ЭВМ запускается процесс считывания результатов (порядка 20-25 с), одновременно производится возбуждение поперечных колебаний путем удара по элементу конструкции в направлении, параллельном расположению датчика на расстоянии 20-30 см от него.

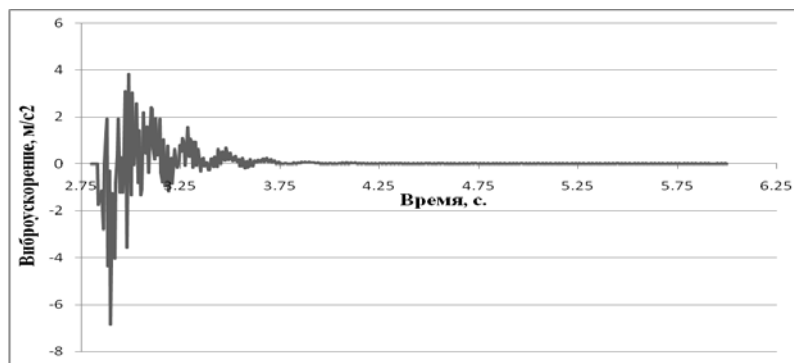


Рисунок 50 – График колебательного движения стержня С3

при нагрузке 300 кН

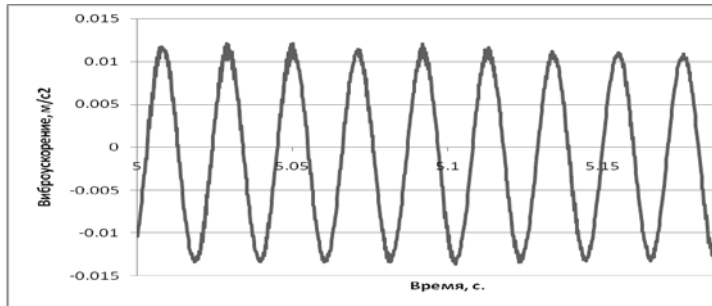


Рисунок 51 – График колебательного движения: зона периодических колебаний

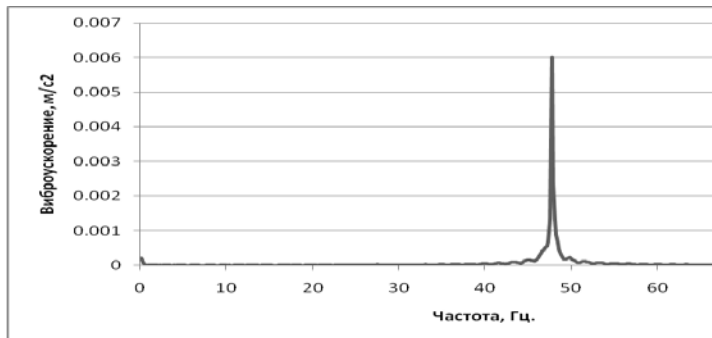


Рисунок 52 – Спектр частот стержня С3 при нагрузке 300 кН

- По истечении времени считывания результатов, программным средством строится график колебательного процесса.
- На основе полученного графика колебательного процесса строится спектр частот, по которому определяется собственная частота колебаний стержня структуры.
- По тарировочным графикам, полученным на лабораторных стендах с аналогичными закреплениями стержней как в натурной конструкции, определяется действующее осевое усилие в стержне структуры (рис. 53).

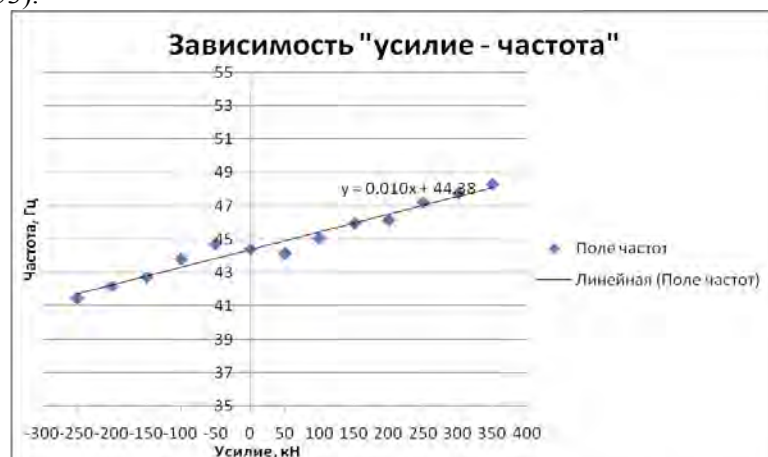


Рисунок 53 – Тарировочный график осевого усилия от собственной частоты колебания стержня С3 ($l=2610$ мм)

В табл. 26 приведены значения усилий в исследованных стержнях, полученных согласно статического расчета по расчетной модели и предлагаемой методике.

Таблица 26 – Усилия в элементах структурной оболочки

Элемент	Собственная частота колебаний, Гц	Усилия в элементе, кН	
		Согласно предлагаемой методике	Согласно расчетной модели
C4	44.1670	-21.3	-49.2
C4	43.9882	-39.18	-41.9
C4	43.8094	-57.06	-45
C3	44.5247	14.47	16.5
C3	44.7035	32.35	29.4
C4	43.8094	-57.06	-65.06
C4	44.3459	-3.41	-35.06
C3	43.9882	-39.18	-36.2
C5	33.9746	-6.36	-20.8
C5	34.3323	17.49	25
C5	34.1535	5.57	30.3
C5	34.5111	29.41	23.2
C5	34.2429	15	11.53
C5	33.9746	-6.36	-42.8
C5	34.8687	53.25	30.2
C5	33.8552	-14.32	-21.1
C5	34.7793	47.29	35.7

Установлены качественная и количественная сходимость фактически действующих усилий в стержнях, измеренных с помощью разработанной методики, и расчетной модели.

Проведенный мониторинг напряженно-деформированного состояния конструкций большепролетного покрытия Летнего амфитеатра в г. Витебске позволил получить достоверную информацию о техническом состоянии сооружения и показал высокую надежность и безотказность его работы.

«Строительство и архитектура 41» «Исследование и разработка общей методики расчета трубобетонных элементов с ядром из бетона на напрягающем цементе». Научный руководитель д-р техн. наук Пойта П.С. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», лаборатория самонапряженных конструкций.

Важнейшим результатом по заданию «Строительство и архитектура 41» является разработка алгоритмов для определения параметров предварительного напряжения сталетрубобетонных элементов таких, как величина преднапряжения в предельной стадии по прочности; значение минимального начального преднапряжения, достаточного для обеспечения совместности поперечных деформаций двух материалов композитного сечения; величина оптимального значения начального преднапряжения, обеспечивающего эффективную работу элемента в предельном состоянии по прочности. На основе этого выполнено параметрическое исследование прочности при действии продольных сил предварительно напряженных сталетрубобетонных элементов круглого поперечного сечения.

Полунатурное моделирование работы свай позволило выявить основные закономерности формирования напряженно-деформированного состояния грунтового массива, окружающего сваю из бетонов на напрягающих цементах, и ствола сваи. Получены соответствующие и теоретические решения на базе компьютерного моделирования.

Как показали исследования, при нагружении сталетрубобетонных элементов без тангенциального предварительного напряжения в оболочке вследствие усадки бетона и (или) разницы коэффициентов Пуассона стали и бетона ($\nu_s \approx 0,3$; $\nu_c \approx 0,2$) совместность деформаций обеспечивается только в

продольном направлении. В поперечном (радиальном) направлении условие совместности деформаций не выполняется, а бетонное ядро работает в условиях одноосного сжатия. После достижения значения продольного напряжения (продольной деформации) в бетоне уровня, соответствующего верхней границе микротрещинообразования, возникает распор ядра вследствие дилатации бетона.

Наличие предварительного тангенциального растягивающего напряжения в оболочке позволяет обеспечить совместность поперечных деформаций при работе элемента под нагрузкой. Бетонное ядро в этом случае находится в условиях трехосного сжатия. При этом с увеличением нагрузки на элемент часть величины преднапряжения оболочки в тангенциальном направлении расходуется на компенсацию разности поперечных деформаций, что влечет за собой и изменение уровня обжатия бетонного ядра (величины преднапряжения). После достижения значения продольного напряжения (продольной деформации) в бетоне уровня, при котором коэффициент его поперечной деформации начинает превышать коэффициент поперечной деформации стали, возникает распор ядра вследствие дилатации бетона, а значение обжатия ядра за счет преднапряжения с этого этапа нагружения остается постоянным вплоть до наступления предельной стадии работы элемента.

Таким образом, для расчета прочности предварительно напряженного сталетрубобетонного элемента необходимо знать не только величину начального преднапряжения обжатия ядра $p_{int,0}$, получаемую на стадии его изготовления, но и соответствующее значение в предельном состоянии по прочности $p_{int,u}$.

Для расчета указанного параметра, как показали проведенные исследования, целесообразно использовать зависимость для определения коэффициента Пуассона бетона:

$$v_c = f(\eta_\varepsilon; \sigma_p), \quad (78)$$

выраженную через уровень относительной продольной деформации η_ε и величину бокового обжатия σ_p . Задаваясь приращением относительной продольной деформации $\varepsilon_{cz,i}$, с определением значения преднапряжения элемента в предельном состоянии по прочности $p_{int,u}$:

$$p_{int,i} = p_{int,i-1} - \left[\frac{E_s}{1 - v_s^2} \cdot \Delta \varepsilon_{cz,i} \cdot (2v_s - v_{c,i}) \right] \cdot \rho_p, \quad (79)$$

$$v_{c,n} = v_s, \quad (80)$$

$$p_{int,u} = p_{int,n}, \quad (81)$$

Данный алгоритм позволяет определить минимальное значение начального преднапряжения обжатия бетона $p_{int,0,min}$, достаточное для обеспечения условия совместности поперечных деформаций стальной оболочки и бетонного ядра во всем диапазоне нагружения сталетрубобетонного элемента. Последовательность расчетов следующая:

– задаемся приращением начального преднапряжения и выполняем вышеизложенный расчет по определению величины преднапряжения в предельной стадии $p_{int,j,u}$ для j -го значения начального преднапряжения $p_{int,j}$, руководствуясь следующим условием:

$$p_{int,0,min} = p_{int,k}, \text{ при } p_{int,k,u} = p_{int,k,n} = 0; \quad (82)$$

– определив минимальное преднапряжение $p_{int,0,min}$, осуществляем оценку оптимального значения предварительного напряжения обжатия ядра в предельном состоянии $p_{int,u,opt}$, используя уравнения:

$$\sigma_{sz} = \sigma_{sy} - \left| \sigma_{p,dil} + p_{int,u,opt} \right| \frac{\beta_s}{\beta_s - 1} = 0, \quad (83)$$

$$\left| p_{int,u,opt} \right| = \sigma_{sy} \frac{\beta_s - 1}{\beta_s} - \left| \sigma_{p,dil} \right|; \quad (84)$$

– определяем оптимальное значение начального предварительного напряжения обжатия ядра $P_{int,0,opt}$ в соответствии с предыдущим алгоритмом из условия:

$$P_{int,0,opt} = P_{int,k}, \text{ при } P_{int,k,u} = P_{int,k,n} = P_{int,u,opt}. \quad (85)$$

Таким образом, обеспечив величину начального обжатия ядра на уровне оптимального значения $P_{int,0,opt}$, в предельной стадии работы сталетрубобетонного элемента полностью используются прочностные свойства стали, а бетонное ядро находится в трехосном напряженном состоянии сжатия при экстремальных значениях продольного и радиального напряжений, что и обуславливает оптимальную материалоемкость.

Как показали исследования буровых и буронабивных свай из бетонов на напрягающем цементе (НЦ), их несущая способность определяется не столько оптимальным подбором приемлемых составов, как особенностями формирования напряженно-деформированного состояния грунтового массива, окружающего сваю, и ствола сваи.

Моделирование работы свай на выдерживающую вертикальную нагрузку в малых (мелкомасштабное) и в пространственных лотках (полунатурное моделирование), позволило выявить следующее:

– напряженно деформированное состояние ствола буронабивной сваи из бетонов на НЦ формируется как под влиянием природного состояния грунта, так и давления бетона при устройстве сваи;

– принимая во внимание, что давление от расширения бетона может быть весьма значительным, в сравнении с давлениями грунта и бетона, то сопротивление грунта сдвигу будет определяться именно давлением, создаваемым напрягающим бетоном;

– в неармированном бетоне на НЦ при твердении в стесненных грунтовых условиях возникают ограничивающие напряжения сжатия в результате распора при расширении и перемещений в продольном направлении;

– перемещения ствола сваи в вертикальном направлении имеют значение, близкое к свободным деформациям бетона при расширении, а напряжения в стволе сваи, выполненной без армирования, достигает значительных величин и имеет наибольшее значение в нижней части;

– при проектировании, для исключения разрушения ствола сваи из бетона на НЦ, целесообразно его использовать только в нижней половине сваи.

Анализ теоретических решений и результаты компьютерного моделирования, подтверждают достоверность процессов и величин значений, выявленных при проведении экспериментальных исследований.

«Строительство и архитектура 42» «Исследование напряженно-деформированного состояния и разработка методики расчета в соответствии с СНБ 5.03.01-02 железобетонных балок с пологим отгибом части продольной предварительно напряженной арматуры». Научный руководитель канд. техн. наук Малиновский В.Н. Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», кафедра строительных конструкций.

В ходе выполнения задания «Строительство и архитектура 42» разработана методика расчета в соответствии с СНБ 5.03.01–02 железобетонных балок с пологим отгибом части продольной предварительно напряженной арматурой. Подготовлен и поставлен эксперимент по исследованию напряженно-деформированного состояния предварительно напряженных железобетонных балок с полого отогнутой арматурой, выполнена оценка результатов. Проведен сравнительный анализ и выявлены отличительные особенности в напряженно-деформированном состоянии предварительно напряженных железобетонных балок с полого отогнутой и прямолинейной арматурой, полученных по результатам численного моделирования и экспериментальных данных.

Экспериментальные исследования особенностей изменения напряженно-деформированного состояния, а также прочности и трещиностойкости изгибаемых конструкций с отогнутой арматурой, выполнялись на образцах балочного типа длиной 3,0 м, прямоугольного сечения высотой 0,3 м и шириной 0,12 м, загружаемых двумя сосредоточенными силами с пролетами среза 850 мм и 550 мм. Образцы армировались преднапряженной арматурой периодического профиля из двух стержней диаметром 14 мм класса S800, располагающиеся в два ряда с рабочей высотой в середине длины балки 250 мм. Стержень верхнего ряда в третях пролета переводился из нижней зоны к верхней грани на опоре под углом 12°. Содержание преднапряженной арматуры составляло $\rho = 1,0\%$. Конструктивное

решение опытных балок характеризовалось отсутствием ортогонального поперечного армирования по всей их длине.

Согласно полученным результатам экспериментальных исследований опытных балок общая картина напряженно-деформированного состояния практически не отличается от результатов, полученных по вычислительному комплексу «MSC. visual Nastran for Windows» и по разработанной программе «BALKA». По результатам экспериментальных исследований следует, что изменение пролета среза при нагружении балки с отогнутой преднапряженной арматурой влияет только на величину нагрузок (моментов) появления первых нормальных трещин, и не сказывается на общую картину напряженно-деформированного состояния. Данное обстоятельство подтверждалось ранее результатами численных исследований.

В проведенных опытах угол наклона главных площадок в зоне возможного появления наклонной трещины находился в пределах 21° - 23° , а магистральная наклонная трещина имела более пологое направление к продольной оси по сравнению с одноименным направлением в балках с прямолинейной арматурой.

На основании результатов численных исследований установлено, что наличие пологого отгиба стержневой арматуры в пределах всего пролета среза при отсутствии ортогональной поперечной арматуры исключает возможность разрушения изгибаемого элемента одновременно с образованием магистральной наклонной трещины. В опытах отгиб части продольной рабочей арматуры из нижней зоны в пролете в верхнюю на опорах предотвратил разрушение по наклонному сечению, несмотря на отсутствие поперечной арматуры.

В этой связи и на основании исследований, предлагается оценку прочности по поперечной силе элементов с полого отогнутой арматурой выполнять по условию п. 7.79 СНБ 5.03.01-02, а поперечную силу, воспринимаемую наклонным сечением V_{Rd} – по общей зависимости п. 7.80 СНБ 5.03.01-02, учитывающей сопротивление бетона, ортогональной поперечной и отогнутой арматуры:

$$V_{Rd} = V_{cd} + V_{sw} + V_{s, inc} = \sigma_1 \cdot b_w \cdot z \cdot \cot \theta + \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{s} \cdot \cot \theta + f_{pd} \cdot A_{p, inc} \cdot \sin \alpha, \quad (86)$$

где σ_1 – среднее значение главных растягивающих напряжений в бетоне, определяемые по трансформированной диаграмме деформирования в зависимости от величины главных относительных деформаций; z – плечо внутренней пары сил, определяемое как расстояние между равнодействующими в сжатой зоне бетона и растянутой прямолинейной продольной арматуре; θ – угол наклона диагональной полосы в расчетном сечении.

Главные растягивающие напряжения следует определять по математическому выражению трансформированной диаграммы деформирования бетона в зависимости от главных деформаций растяжения ε_1 :

$$\sigma_1 = \frac{f_{ctd}}{1 + \sqrt{500 \varepsilon_1}}, \quad (87)$$

При этом величина главных напряжений должна быть ограничена исходя из величины предельных касательных напряжений, воспринимаемых сечением за счет зацепления берегов трещин:

$$\sigma_1 = \frac{0,18 \sqrt{f_{ctm}}}{0,3 + \frac{24 W_k}{a + 16}}, \quad (88)$$

где a – максимальный размер зерна крупного заполнителя; W_k – ширина раскрытия наклонной трещины, определяемая по выражению п. 7.2.2.26 СНБ 5.03.01-02 и зависящая от среднего расстояния между наклонными трещинами $s_{m\theta}$, определяемого так же согласно данного пункта.

Результаты численных исследований и данные экспериментальных исследований свидетельствуют о некоторой разнице в величинах главных деформаций сечений опорной зоны балок с прямолинейной и отогнутой арматурой. Главные деформации растяжения ε_1 при загрузении в балках с отогнутой преднапряженной арматурой меньше по величине одноименных деформаций бетона балок с прямолинейной арматурой. Данное обстоятельство может быть учтено через

составляющий параметр ε_x (средние продольные деформации бетона) выражения, полученного из условия совместности деформирования:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + (\varepsilon_x - \varepsilon_2) \cdot \cot^2 \theta = \varepsilon_x + \left[\varepsilon_x + 0,002 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{v}{f_{cm}} (\tan \theta + \cot \theta) (0,8 + 170 \cdot \varepsilon_1)} \right) \right] \cdot \cot^2 \theta \quad (89)$$

Средние продольные деформации бетона ε_x рассчитываются на уровне центра тяжести растянутой продольной прямолинейной части напрягаемой арматуры используя формулу общего случая п. 7.113 СНБ5.03.01-02, но с учетом влияния предварительного обжатия бетона как прямолинейной так и отогнутой частей арматуры на величину сжимающего усилия и благоприятного влияния вертикальной составляющей предварительного обжатия бетона отогнутой под углом α арматурой на величину поперечной силы:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{M_{sd} / d_x + 0,5 \cdot N_{sd} + 0,5 \cdot V_{sd} \cdot \cot \theta - A_p \cdot \sigma_{sp,dec}}{E_s \cdot A_{st} + E_{sp} \cdot A_{p,tot}} = \\ &= \frac{M_{sd} / d_x + 0,5(N_{pd} + N_{pd,inc} \cdot \cos \alpha)}{E_s \cdot A_{st} + E_{sp} \cdot A_{p,tot}} + \\ &+ \frac{0,5(V_{sp} - N_{pd,inc} \cdot \sin \alpha) \cdot \cot \theta - A_p \cdot \sigma_{sp,dec}}{E_s \cdot A_{st} + E_{sp} \cdot A_{p,tot}} \end{aligned} \quad (90)$$

где N_{pd} – расчетное значение усилия обжатия бетона прямолинейной арматурой, равно $N_{pd} = \gamma_p \cdot P_{mt}$; P_{mt} – среднее значение усилия предварительного обжатия бетона прямолинейной арматурой с учетом соответствующих потерь; $N_{pd,inc}$ – расчетное значение усилия обжатия бетона отогнутой арматурой, равно $N_{pd,inc} = \gamma_p \cdot P_{mt,inc}$; $P_{mt,inc}$ – то же в отогнутой арматуре с учетом соответствующих потерь; γ_p – частный коэффициент безопасности для усилия предварительного обжатия, принимаемый в соответствии с п.9.4.2 СНБ5.03.01-02.

«Строительство и архитектура 45» «Разработка методики построения и метрологическое обеспечение аппаратных и программных средств строительного мониторинга». Научный руководитель д-р техн. наук Соломахо В.Л. Белорусский национальный технический университет.

Важнейшими результатами исследований по заданию «Строительство и архитектура 45» являются:

- разработка методик и оборудования для исследования метрологических характеристик тензорезистивных, струнных, оптоволоконных и индуктивных измерительных преобразователей для систем строительного мониторинга;
- экспериментальное исследование метрологических характеристик тензорезистивных, струнных, оптоволоконных и индуктивных измерительных преобразователей для систем строительного мониторинга.

В результате выполнения задания разработаны конструкции экспериментальных установок для исследования метрологических характеристик различных измерительных преобразователей. Схемы разработанных установок приведены на рис. 54-57.

На рис. 54 показана схема стенда, предназначенного для калибровки датчиков деформаций. Стенд позволяет воспроизводить деформации в заданном диапазоне за счет температурного расширения стального цилиндра.

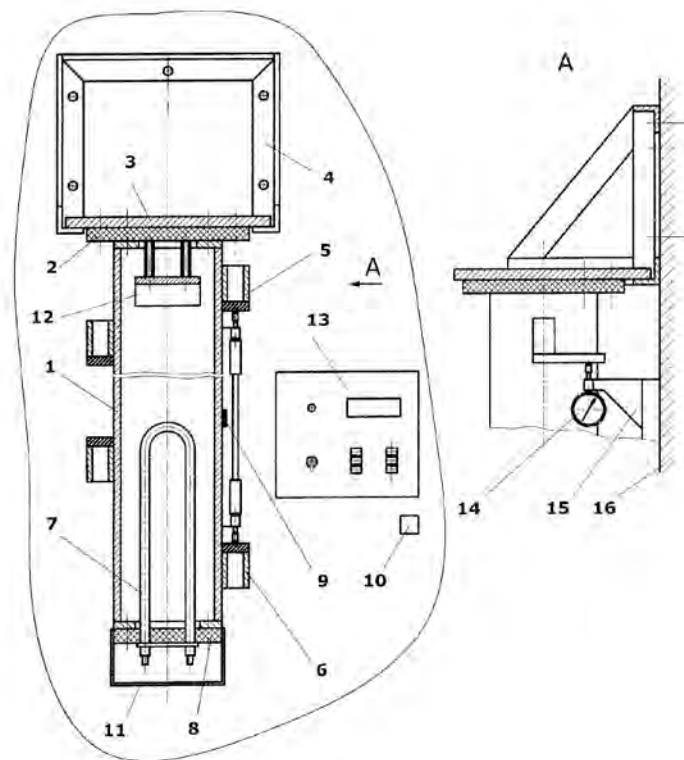


Рисунок 54 – Схема стенда для определения метрологических характеристик датчиков при тепловых деформациях контролируемого объекта

Сборный пустотелый стальной цилиндр 1 через термоизолирующую пластину 2 закреплен на плите 3, которая установлена на сварном кронштейне 4. К наружной поверхности цилиндра 1 приварены опорные площадки 5, 6, на которые при испытаниях закрепляется датчик деформаций, например, изображенный на рис. 55. На левой по схеме поверхности цилиндра 1 показаны аналогичные площадки для других типоразмеров датчиков. В нижней части цилиндра 1 размещен термоэлектрический нагреватель 7, закрепленный на термоизолирующей пластине 8. Для контроля температур наружной поверхности цилиндра 1 и окружающей среды используются температурные датчики 9 и 10. Датчик 9 крепится на наружной поверхности цилиндра 1, а датчик 10 – за пределами стенда. Кожух 11 защищает токоведущие элементы, а вентилятор 12 служит для ускорения разогрева и выравнивания температуры по длине цилиндра 1. Контроллер 13 позволяет регулировать и поддерживать температурный режим (по заданной разности температур цилиндра 1 и окружающей среды). Для контроля деформаций служат рычажно-зубчатые индикаторы 14 с ценой деления 1 мкм, установленные в кронштейне 15. Цилиндр 1 посредством элементов крепления 2, 3, 4 закреплен вертикально на основании 16. К этому же основанию крепится контроллер 13 и кронштейн 15.

Перед началом испытаний на площадках 5, 6 закрепляется испытуемый датчик деформаций. Органами управления контроллера 13 задают требуемый температурный режим. После стабилизации температуры цилиндра фиксируют показания с помощью контроллера датчика, а также с использованием контрольных индикаторов 14.

При калибровке датчиков механических напряжений применяют методику, реализуемую при помощи устройства, изображенного на рис. 55.

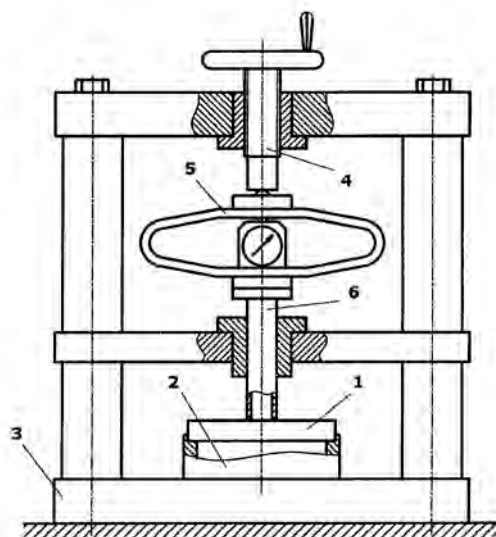


Рисунок 55 – Динамометрическое устройство для нагружения датчиков силы (давления) при калибровке

Испытуемый датчик 1 устанавливается на стол 2 на подставке 3. Нагружение датчика 1 осуществляется с помощью винта 4 через динамометр 5 и шток 6. Требуемые значения нагрузок, оказывающих действие на датчик, эквивалентное определенным значениям давления, определяют, используя датчики с характеристиками, полученными ранее с помощью устройства (рис. 57). Описанное устройство может применяться также для калибровки датчиков силы. Его недостатком является наличие начальной ступени нагрузки, обусловленной суммой масс динамометра 5 и штока 6. Для калибровки датчиков, работающих в малых диапазонах сил или давлений, значение этой нагрузки может оказаться избыточным. В этом случае может быть предложено устройство нагружения, состоящее из уравновешенного рычага и комплекта грузов (рис. 56).

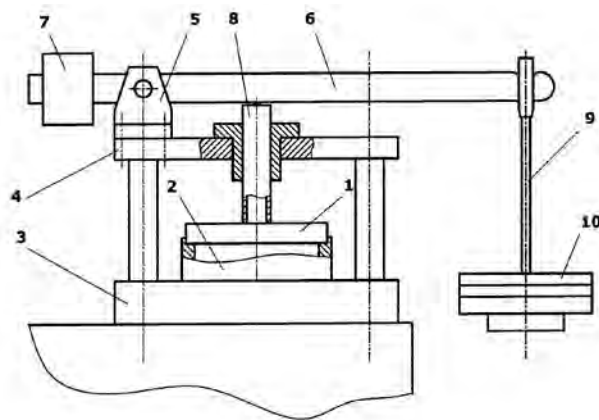


Рисунок 56 – Рычажное устройство для нагружения датчиков силы (давления) при калибровке: 1 – датчик; 2 – опора; 3 – стол; 4 – пластина; 5 – кронштейн; 6 – рычаг; 7 – уравновешивающий груз; 8 – шток; 9 – подвес; 10 – грузы

Для исследования метрологических характеристик индуктивных датчиков механических деформаций разработана установка, приведенная на рис. 57.

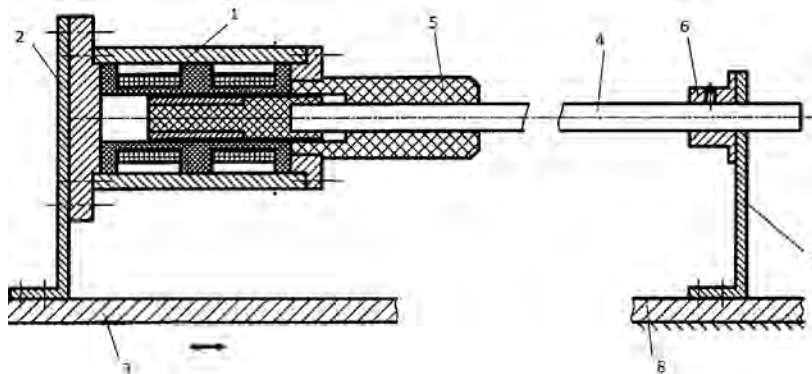


Рисунок 57 – Схема испытательной установки индуктивных датчиков

Исследуемый индуктивный преобразователь 1 с помощью кронштейна 2 закреплялся на перемещающейся возвратно-поступательно каретке 3. В качестве основы механизма перемещения использовался координатный стол инструментального микроскопа. Перемещение каретки 3 оценивалось с помощью штатного микрометрического винта микроскопа. Шток 4, соединенный с сердечником индуктивного преобразователя, через втулку 6 и кронштейн 7 неподвижно прикреплялся к основанию 8. Второй опорой штоку служит направляющая 5, входящая в состав индуктивного преобразователя.

Экспериментальные исследования, проведенные при помощи разработанной аппаратуры, позволили получить метрологические характеристики опытных образцов измерительных преобразователей систем строительного мониторинга и разработать рекомендации по их применению, исходя из условий измерительной задачи.

Строительство и архитектура 46» «Народная архитектура Беларуси: традиции и роль в развитии сельских ландшафтов и возрождение села». Научный руководитель чл.-корр. НАН Беларуси, д-р архитектуры Локотко А.И. Государственное научное учреждение «Институт искусствоведения, этнографии и фольклора им. К. Крапивы», отдел архитектуры и этнологии.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 46»:

- проведены натурные исследования, позволившие выявить мало изученные типы сельских деревянных построек, оценить состояние памятников народной архитектуры, разработать концепцию экспозиции Корчмы и усадьбы с несвязанными постройками сектора «Центральная Беларусь» в «Белорусском государственном музее народной архитектуры и быта»;
- выяснены основные тенденции развития и приспособления усадеб для туризма в сельской среде, разработаны программы и методики использования историко-культурного наследия и определены локальные историко-культурные территории для развития туризма в Беларуси;
- разработаны новые научные методики исследования сельской архитектуры.

Проведено натурное обследование деревень и бывших местечек в западном ареале Центральной Беларуси и смежной части Понеманья – Столбцовском и Несвижском (10.08.2009-14.08.2009), Копыльском и Клецком (08.09.2009-11.09.2009) районах Минской области, Лидском и Кореличском районах Гродненской области (24.08.2009-28.08.2009). Всего обследовано более 40 сельских населенных пунктов.

Обнаружена не изученная до настоящего времени форма однокамерного жилища с «применом» в виде невысокой трех стеной пристройки с односкатной крышей и дверным проемом сбоку торцевого фасада, выполняющей функцию сеней (д. Докудово Лидского района). Жилые строения такого типа упоминаются в письменных источниках 16-17 вв., а также в материалах натурных исследований первой половины 20 в. Выявлен редкий образец однолинейной застройки усадьбы, в которой сблокированные с жилищем хозяйственные сооружения имеют дверные проемы для входа в них не только со двора, но и для внутреннего перемещения по всей цепочке строений (д. Лешня Клецкого района, владелец М.А. Тризно). Выявлен памятник народной архитектуры – усадьба Ф.К. Шумчик в д. Круговины Хотовского с/с Столбцовского района, дана ее характеристика и обоснована ценность, как хорошо сохранившегося примера усадьбы со свободным расположением построек.

Проведено исследование широко востребованного в сельской среде до настоящего времени отдельно стоящего от жилища традиционного складского сооружения подземного типа – погреба.

Определено, что в отличие от восточных регионов Беларуси в западных районах Минской области и смежных районах Гродненской области над потолочным перекрытием подземной складской постройки на уровне поверхности земли часто возводился не низкий, а высокий сруб (9–14 венков бревен) с дверью и крышей. Характерной архитектурной особенностью является также то, что для спуска внутрь подземного помещения со двора имеется небольшой по размерам крытый вход с дверями и крутыми ступеньками. В д. Забродье Столбцовского района, д. Гусаки и д. Мервины Клецкого района, д. Докудово Лидского района обнаружена редкая, не описанная в научной литературе форма пространственного сочетания наземной и подземной складских построек – клетки и погреба. Для входа в каждое из этих сооружений сделан отдельный дверной проем. Упоминания о таком способе их пространственного размещения найдены в инвентарях помещичьих имений 16–18 вв.

Натурное исследование показало, что в настоящее время в сельском культурном ландшафте преобладают дворовые комплексы второй половины 20 в. со свободным расположением построек, сформировавшиеся в условиях коллективного хозяйства в советский период. Определено, что большинство новых строений возводится из современных строительных материалов, сохраняются некоторые традиционные конструктивные и декоративные приемы. Развитие деревни идет с сохранением сложившейся планировки и, как правило, габаритов усадебных участков, так как сооружения возводятся в рамках унаследованных земельных наделов.

Исследовались современные примеры организации агротуристических комплексов: традиционные усадьбы, приспособленные для отдыха в сельской местности и специально возведенные для этой цели архитектурные комплексы. Детально обследовано более 10 комплексов. Определено, что внимание владельцев агроусадоб, что вполне естественно, сосредоточено на создании условий для пребывания и обслуживания отдыхающих в пределах объектов своей собственности. С этой целью реконструируется дворовое пространство, применяются приемы ландшафтного дизайна, строятся бани, летние кухни, оборудуются места для приготовления барбекю и шашлыков, общения отдыхающих на свежем воздухе и т.д. Наиболее состоятельные в материальном отношении хозяева реализуют дорогостоящие проекты. Наглядным примером могут служить туристская усадьба «Гиппика» с оказанием конноспортивных услуг (д. Гринцы Ошмянского р-на) и архитектурно-ландшафтный комплекс «Омневичи» (д. Омневичи Кореличского р-на).

Разработаны «Предложения по организации туризма в регионе Припятского Полесья, сельской местности в районах Гомельской области, потерпевших от последствий аварии на Чернобыльской АЭС». Определено что историко-культурное наследие наиболее пострадавших от последствий аварии на Чернобыльской АЭС Брагинского, Наровлянского и Хойникского районов, ландшафты и живописная природа территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника могут быть использованы для развития экстремального туризма.

В структуре организации сельского туризма в указанных районах Гомельщины решающую роль могут сыграть реконструкции аутентичных сельских усадеб, привлекательных достоверностью и функциональностью с точки зрения создания необходимого комфорта. В качестве образцов усадеб можно предложить материалы натурных исследований, полученные в ходе экспедиций ИИЭФ НАН Беларуси, отражающие основные традиции народных жилых построек региона в конце XIX–начала XX вв. Это позволит не только реконструировать ценные объекты сельской исторической застройки взамен эклектичных псевдоусадоб, наскоро собранных из оцилиндрованной древесины, но и показать туристам планировочные функциональные и эстетические качества белорусского народного жилья, не уступающие традиционному жилью других народов Европы, органичному по отношению к природе, материальной и духовной культуре региона.

Выработаны рекомендательные мероприятия развития региональных и локальных традиций в инфраструктуре малых городов (местечек) и сельских населенных пунктов, включающие:

- учет исторически сложившейся планировочной структуры и характера структурообразующих осей (дорог) и особенностей природного ландшафта;
- сохранение ландшафта и объемно-пространственной композиции, силуэтного построения, обусловленного исторической застройкой местечка;
- учет исторического характера, стилистических, художественно-пластических черт, особенностей архитектурных традиций данного локального региона;
- использование местных архитектурно-образных черт, художественно-декоративных элементов, традиционных элементов благоустройства в качестве архетипов и источника художественной образности современной застройки;

учет местных (локальных и региональных) особенностей применения материалов и их сочетания (камень, кирпич, дерево), используя выразительные возможности комбинации материалов, которые отражают традиционный колорит архитектуры.

«Строительство и архитектура 47» «Разработка оптимальных архитектурных решений жилых домов для агрогородков с применением ресурсо- и энергосберегающих технологий». Научный руководитель д-р архитектуры Сардаров А.С. Белорусский национальный технический университет.

Важнейшим результатом выполнения задания «Строительство и архитектура 47» является разработка методики перестройки малоэтажных жилых домов, построенных в агрогородках по типовым проектам в 1970-80 гг. В соответствии с разработанной методикой использования энергосберегающих технологий и архитектурных приемов энергосбережения при реконструкции жилых зданий были разработаны проектные предложения по перестройке домов типовых серий 88, 89, 210, ОПБ.

Целью разработки проектных предложений ставилось создание на основе существующих зданий с невысоким стандартом проживания современных жилищ, как типовых потребительских качеств, так и жилищ повышенного уровня комфорта. Разработка проектных предложений по реконструкции многоквартирных малоэтажных домов проведена с учетом современных энергоэффективных, экологических, эстетических требований.

При разработке проектных предложений определена рациональность использования архитектурно-планировочных приемов, основанных на перепланировке квартир при сохранении внешнего объема здания, приемов, основанных на трансформации глубины корпуса и объема здания в целом. Определены наиболее рациональные планировочные приемы перестройки многоквартирных малоэтажных зданий: увеличение глубины корпуса путем фрагментарной достройки объемов и достройки параллельных пролетов, изменения секционного типа объемно- планировочной системы в блокированную, галерейную, коридорную, перестройки чердака в эксплуатируемый объем и надстройки мансард над плоскими кровлями. Вариант проектного предложения представлен на рис. 58.

Определены потенциальные возможности устройства при перестройке секционных зданий технических помещений для систем автономного поквартирного отопления. Рассмотрены варианты устройства элементов пассивных систем солнечного отопления, путем пристройки теплиц, веранд, создания наружных термальных массивов для накопления и распределения тепла.

Практическое значение выполняемой работы заключается в возможности широкого использования результатов работы при проектировании реконструкции малоэтажных жилых зданий.

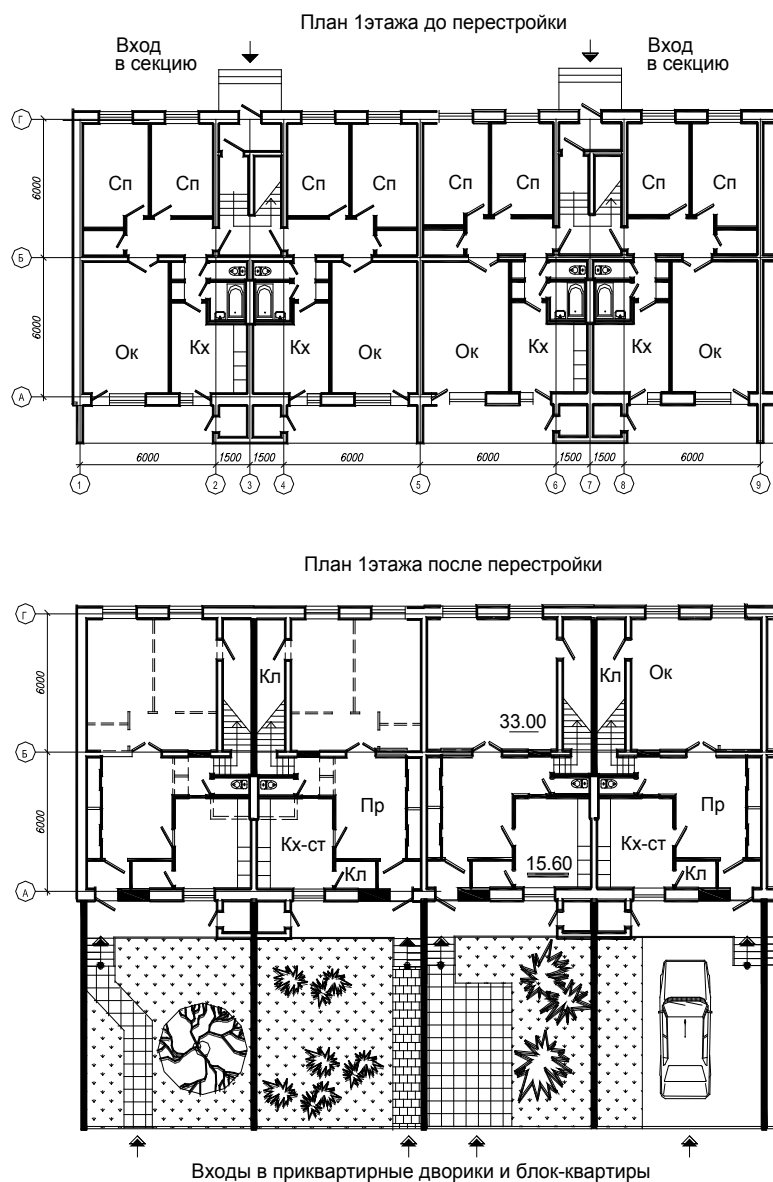


Рисунок 58 – Проектное предложение по перестройке секции т.п. 89-0118-13.87 в двухуровневые блок-квартиры

Внедрение в проектную практику реконструкции разработанной методики комплексного использования современных энергоэффективных технологий и архитектурных приемов энергосбережения будет способствовать повышению энергоэффективности малоэтажных зданий в 70-80 гг. 20 в. Снижение в структуре жилого фонда количества энергозатратных жилых домов приведет к снижению общего энергопотребления, что будет иметь значительный экономический и социальный эффект.

«Строительство и архитектура 48» «Исследование межфазных процессов в полимерминеральных системах и создание на их основе новых строительных материалов с повышенной долговечностью». Научный руководитель д-р техн. наук Шаповалов В.М. Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого», лаборатория «Рециклинг и материаловедение многокомпонентных полимерных систем; Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта».

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 48» (ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого») разработаны модели мезофрагментов строительных материалов с различным содержанием и распределением частиц диоксида кремния с целью изучения особенностей формирования структуры материала при воздействии различных технологических режимов. Проведено модельно-теоретическое исследование процессов возникновения критических напряжений в зонах контактного взаимодействия полимерной матрицы с микро- и наноразмерными

частицами SiO_2 . Установлена возможность управления в широких пределах такими технологическими свойствами гибридных органосиликатных связующих, как время гелеобразования и прочность полученной отвержденной системы путем выбора неорганического отвердителя и минерального наполнителя. Установлено, что поглощение микроволновой энергии жидким стеклом приводит к фрагментации (дроблению) кремнекислородных частиц (мицелл) и значительному повышению концентрации свободных ионов, что подтверждается снижением вязкости (примерно в 2 раза) и повышением проводимости (примерно в 1,5 раза) жидкого стекла после микроволновой обработки.

Исследовано влияние неорганических реагентов на характер отверждения ранее разработанных комбинированных органосиликатных связующих на основе натриевого жидкого стекла (ЖС). Основная задача исследований состояла в разработке оптимального состава силикатполимерного геля, обладающего достаточно длительным временем начала гелеобразования и достаточно высокой прочностью. Вначале была исследована гелеобразующая система на основе ЖС и соляной кислоты (HCl). На рис. 59 представлены кривые изменения вязкости гелеобразующих составов ЖС-HCl от времени. За время гелеобразования принято время, по прошествии которого вязкость начинала резко возрастать. Как следует из представленных данных увеличение количества соляной кислоты на 0,1 мас.% уменьшает время гелеобразования почти в 3 раза.

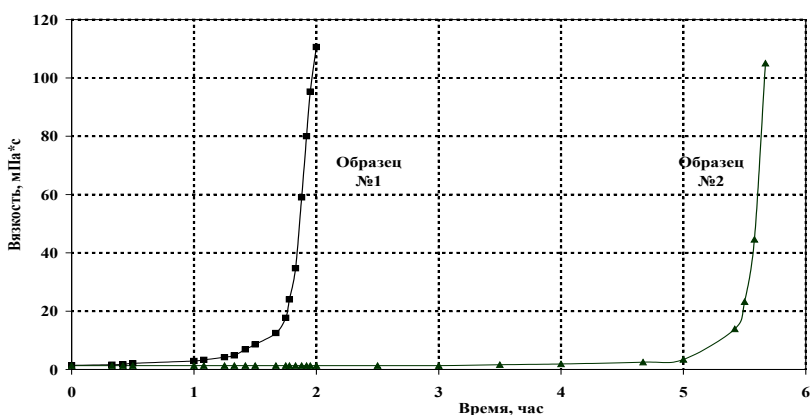


Рисунок 59 – Зависимость вязкости гелеобразующего раствора на основе ЖС с содержанием 0,9 % (1) и 0,8 % (2) HCl от времени

На рис. 60 представлена зависимость времени начала гелеобразования и прочности геля от концентрации соляной кислоты в растворе ЖС. Как видно, при увеличении содержания кислоты в растворе прочность геля увеличивается, но при этом время начала гелеобразования уменьшается. Для получения достаточно прочных гелей с большим временем гелеобразования необходимо выбирать оптимальную концентрацию кислоты.

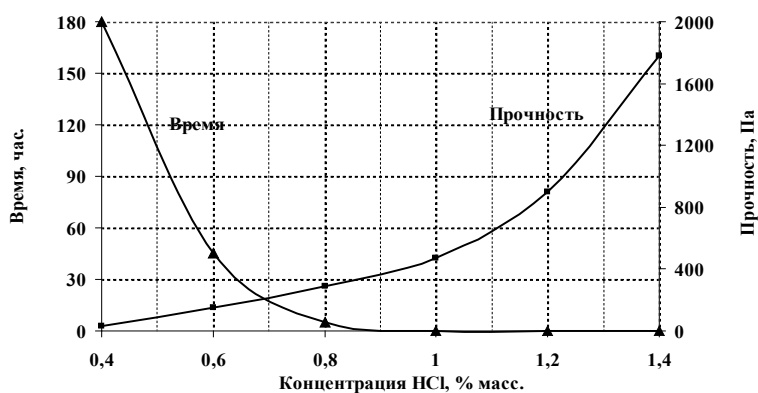


Рисунок 60 – Зависимость времени начала гелеобразования и прочности геля от концентрации соляной кислоты в растворе ЖС

Полученные результаты использованы при разработке комбинированных органосиликатных связующих на основе ЖС, модифицированного органическими полимерами, олигомерами,

мономерами. Состав органосиликатных связующих, вид неорганического отвердителя и свойства полученных комбинированных систем приведены в табл. 27.

Таблица 27 – Влияние неорганических реагентов (отвердителей) на время гелеобразования, мин (числитель) и прочность геля, кПа (знаменатель)

Органосиликатное связующее	Реагент и его содержание, мас.%
ЖС+N,N'-м-фенилендималеимид (2 мас.%)	
ЖС+акриловая кислота (5 мас.%)	
ЖС+эпоксидная смола ЭД-20 (4 мас.%)	
ЖС+ε-капролактam (5 мас.%)	
ЖС+глицерин (5 мас.%)	
ЖС+поливиниловый спирт (3 мас.%)	
ЖС+ фенольная смола	

Установлено, что структура полученных гелей определяется органическим модификатором и представляет собой гибридный органоминеральный продукт с чередующимися органическими, кремнеземными (SiO_2)_n, и силикатными $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ нанокластерами без четкой границы раздела фаз.

Изучено влияние природных и искусственных мелкодисперсных минеральных модификаторов (кремнезем, силикат кальция, каолин) на процессы отверждения органосиликатных связующих. Установлено, что частицы диоксида кремния играют роль центров полимеризации кремниевой кислоты в органосиликатном связующем и обеспечивают образование однородной мелкоячеистой структуры. Силикат кальция оказывает отверждающее действие аналогичное $\text{Ca}(\text{OH})_2$, но время гелеобразования в этом случае увеличивается с нескольких часов до нескольких суток. Каолин не оказывает заметного воздействия на кинетику отверждения, но образующиеся гели имеют большую механическую прочность и эластичность.

Изучены особенности структурирования комбинированных органосиликатных связующих в присутствии минеральных наполнителей (молотый кварц, гранит, дефекат). Дефекат – отход сахарного производства, имеющий состав, мас. %: CaCO_3 – 65,5-77,8; MgCO_3 – 3,4-8,6; Al_2O_3 – 0,2-3,8; P_2O_5 – 0,9-1,3; Fe_2O_3 – 0,2-1,0; органические вещества 12,0-15,0. Получены органоминеральные композиции, характеризующиеся высокой эластичностью при формовании и высокой механической прочностью после отверждения. Состав и свойства наиболее перспективных материалов приведены в табл. 28.

Таблица 28 – Свойств и свойства органоминеральных композиций

Состав материала (мас.%)	Разрушающее напряжение при сжатии, МПа
ЖС (18)+N,N'-м-фенилендималеимид (2)+гранит (80)	72
ЖС (32)+акриловая кислота (5)+дефекат (63)	75
ЖС (24)+эпоксидная смола ЭД-20 (4)+кварц (72)	70

Из полученных данных следует возможность управления в широких пределах такими технологическими свойствами гибридных органосиликатных связующих как время гелеобразования и прочность полученной отвержденной системы путем выбора неорганического отвердителя и минерального наполнителя.

Изучено влияние микроволновой обработки на свойства органоминеральных композиций. Установлено, что поглощение микроволновой энергии жидким стеклом приводит к фрагментации (дроблению) кремнекислородных частиц (мицелл) и значительному повышению концентрации свободных ионов, что подтверждается снижением вязкости (примерно в 2 раза) и повышением проводимости (примерно в 1,5 раза) жидкого стекла после микроволновой обработки.

Разработан состав и способ изготовления клеящей композиции на основе, органосиликатного связующего для приклеивания керамической облицовочной плитки. Состав включает, мас. %: глицерин и/или этиленгликоль 0,5-5,0; аморфный кремнезем 0,5-10,0; 10 %-ную уксусную или соляную кислоту 2-10 и натриевое жидкое стекло.

Разработан состав шпаклевки для выравнивания бетонных и кирпичных поверхностей, содержащий, мас. %: жидкое стекло 36-75, соляную кислоту 0,2-1,5 и дефекат.

Разработанные композиция могут быть использованы в строительной индустрии в качестве основы штукатурно-шпаклевочных смесей, строительных клеев и заливочных компаундов для полов.

В результате исследований по заданию программы «Строительство и архитектура 48» (УО «Белорусский государственный университет транспорта») разработана новая математическая модель процесса деформирования строительных конструкций, содержащих элементы из волоконно-армированных полимерных материалов. Разработанная математическая модель, в отличие от ранее используемых подходов, позволяет при прогнозе механических и технических параметров конструкции комплексно учесть реономные свойства полимера, влияние объемной доли арматуры и направления армирования, инерционные нагрузки на конструкцию при циклическом деформировании. Практическое применение результатов исследования заключается в получении уточненных расчетных оценок механических и технических параметров строительных конструкций, содержащих полимерные материалы. Потребителями полученных научных результатов могут быть проектные и строительные организации, в практику которых входит проектирование и конструирование строительных конструкций, находящихся под действием работающего технологического оборудования.

Предложена новая модель структуры одноосно армированного полимера в виде куба, образованного материалом матрицы и содержащего единичное цилиндрическое включение. Установлено, что предложенная модель позволяет более детально, по сравнению с ранее используемыми методиками, учесть нелинейность деформирования полимерной матрицы. Характер полученных на основе разработанной математической модели расчетных зависимостей диссипативных свойств материала от параметров нагружения и внутренней структуры композита соответствует известным экспериментальным данным. Использование предложенного подхода обеспечивает возможность регулировать в широком диапазоне долю поглощаемой материалом энергии и прогнозировать поведение материала при больших деформациях. В частности, на рис. 61 представлены расчетные зависимости коэффициента поглощения механической энергии при поперечном гармоническом деформировании тонкого слоя политетрафторэтилена, армированного эглеволокном.

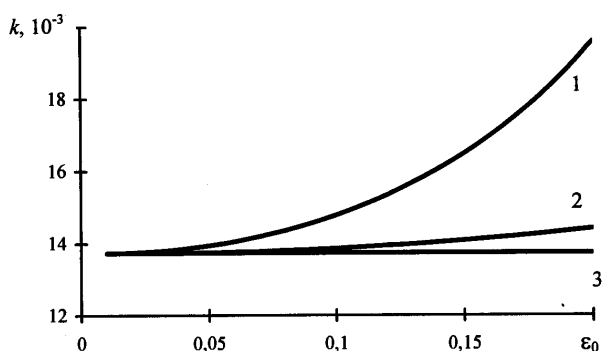


Рисунок 61 – Зависимость коэффициента поглощения энергии от амплитуды деформирования при частоте $\omega = 800$ Гц и объемной доле армирующей фазы $c = 0,3$:

кривая 1 – результаты использования разработанной модели;
 кривая 2 – использование метода моментных функций;
 кривая 3 – пренебрежение нелинейностью деформирования

Можно отметить, что при использовании традиционного метода определения свойств армированных материалов не удастся интерпретировать экспериментально наблюдаемое существенное (в разы) увеличение коэффициента поглощения при росте амплитуды деформирования. Расчетные оценки, полученные на основе разработанного подхода, точнее учитывают особенности исследуемого материала.

Получено аналитическое решение задачи об установившихся вынужденных колебаниях вязкоупругого стержня в элементарных функциях. Проведено сопоставление полученных зависимостей с результатами использования упрощенных расчетных методик. Так, на рис. 62 представлена амплитудно-частотная характеристика стержня длины $L = 0,3$ м и площадью поперечного сечения $S = 50$ мм², образованного технической резиной с твердостью по Шору 62. На стержень действует гармоническая вынуждающая сила с амплитудой $F_0 = 50$ Н. Установлено, что при использовании аналогии с сосредоточенной массой расчетные оценки амплитуды вынужденных колебаний на 20 % выше соответствующих значений, полученных на основе точного решения динамической задачи механики деформируемого тела. Данная погрешность практически не зависит от свойств материала, что позволяет использовать аналогию с сосредоточенной массой с

последующим умножением полученных значений амплитуды колебаний на поправочный коэффициент 0,8.

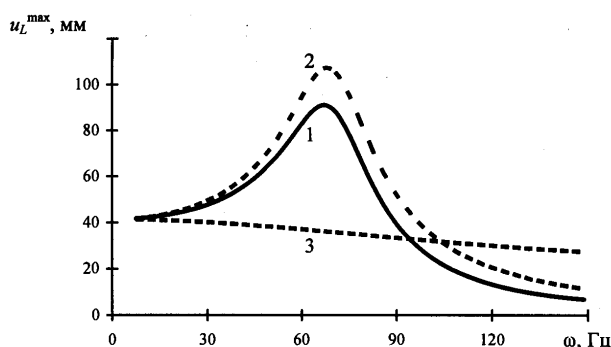


Рисунок 62 – Амплитудно-частотная характеристика вязкоупругого стержня:
 кривая 1 – точное аналитическое решение;
 кривая 2 — использование аналогии с сосредоточенной массой;
 кривая 3 — пренебрежение плотностью материала

Разработанная методика использована для описания вынужденных продольных колебаний двухслойного стержня, содержащего слой из перекрестно армированного полимера. В качестве примера рассмотрен стержень длины $L = 0,3$ м, площадью поперечного сечения $S = 50$ мм² под действием гармонической вынуждающей силы амплитудой 1 кН. Один слой стержня образован политетрафторэтиленом, перекрестно-армированным углеволокном. Второй слой образован железобетоном. Толщина железобетонного слоя в 4 раза меньше толщины полимерного.

Анализ полученных результатов позволил установить следующее:

- зависимость резонансной частоты вынужденных колебаний исследуемой системы ω_r от объемной доли арматуры в полимерном слое c существенно нелинейна;
- характер и общий вид зависимости $\omega_r(c)$ изменяется при включении в стержень слоя из жесткого упругого материала;
- при изменении угла перекрестного армирования от 0 до 90° обнаруживается минимум (при $\alpha \approx 15^\circ$) и максимум (при $\alpha \approx 55^\circ$) максимально возможной амплитуды вынужденных колебаний стержня. Отмеченные особенности проиллюстрированы на рис. 63, где представлены результаты анализа вынужденных колебаний двухслойного стержня.

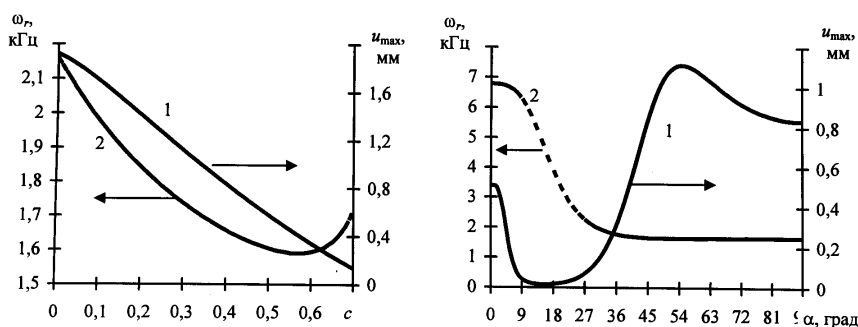


Рисунок 63 – Зависимость максимально возможной амплитуды (кривые 1) и резонансной частоты (кривые 2) от объемной доли арматуры c при угле перекрестного армирования $\alpha = 90^\circ$ (а) и от угла армирования α при $c = 0,4$ (б)

Основным видом испытаний армированных полимеров в настоящее время является трехточечный изгиб. В связи с этим, для повышения точности идентификации исходным параметров разработанных математических моделей исполнителями был проведен анализ процесса изгиба армированных полимеров. При этом использовались не традиционные соотношения сопротивления материалов, а результаты точного решения задачи механики деформируемого тела. В рамках данной задачи учтено распределение армирующих элементов в поперечном сечении образца, сдвиговые деформации при изгибе, локальное разрушение адгезионной связи компонент композита при деформировании.

Сопоставление расчетных и экспериментальных зависимостей позволило установить следующее:

- модуль Юнга исследуемого материала при изгибе существенно отличается от его значения, определенного без учета распределения армирующих волокон по сечению образца;
- погрешность в определении максимального прогиба образца при изгибе, обусловленная пренебрежением сдвиговой деформацией, для исследуемого композита на порядок выше соответствующей погрешности для изотропного материала;
- разрушение адгезионной связи «волоконно-матрица», обусловленное сдвиговыми напряжениями, приводит к резкому уменьшению жесткости композита, что проявляется в уменьшении силы, действующей на образец.

«Строительство и архитектура 49» «Разработка теоретических основ химической модификации плит из минеральной ваты теплоизоляционных для управляемого регулирования их физическими и механическими характеристиками». Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Гайшун В.Е. Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины», проблемная научно-исследовательская лаборатория перспективных материалов.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 49» разработаны составы связующего с новыми добавками для химической модификации минераловатных плит. Установлено, что добавление кремнеземсодержащих суспензий в состав связующего позволяет уменьшить содержание гидрофобизирующих добавок. Благодаря этому максимальная температура эксплуатации плит возрастает до 700°C.

На данном этапе исследований разработан состав связующего, содержащий добавку в виде суспензии на основе аэросила ОХ-50. Эта добавка позволила полностью отказаться от применения органических гидрофобизирующих добавок импортного производства типа «HydroWax» и «Пента-812», а, следовательно, повысить тепло- и огнезащитные свойства теплоизоляционных плит из минеральной ваты. Состав нового связующего представлен в табл. 29.

Таблица 29 – Состав связующего с введением в раствор суспензии, на основе аэросила ОХ-50

Компонент	Количество, л
Смола «Фенотам»	900
40 % водный раствор сульфата аммония	28
25 % водный раствор аммиака	13
Силан	90
Вода техническая	2580
Суспензия	12-14

Фенолоформальдегидная смола является традиционным связующим, используемым для изготовления волокнистоармированных материалов, в том числе и теплоизоляционных. При содержании фенолоформальдегидной смолы менее 10 масс. % снижается механическая прочность материала, а содержание более 21 масс. % приводит к резкому увеличению плотности и теплопроводности материала. Сульфат аммония, введенный в теплоизоляционную массу, играет роль антипирена, снижая горючесть получаемых изделий, и связывает свободный фенол, содержащийся в смоле, что повышает экологическую безопасность производства. Содержание сульфата аммония менее 0,2 масс. % не обеспечивает снижение горючести и связывания свободного фенола, а введение этого компонента более 0,6 масс. % приводит к снижению механической прочности и влагостойкости. Водный аммиак является стабилизатором раствора фенолоформальдегидной смолы при ее разбавлении водой и введении других компонентов, а также связывает свободный фенол, наряду с сульфатом аммония. Содержание водного аммиака (в виде 25 %-ного раствора) менее 1,2 масс. % приводит к нестабильности растворов фенолоформальдегидной смолы и неполному связыванию свободного фенола. Содержание свободного аммиака более 2,5 масс. % не приводит к дополнительному положительному эффекту. Возможно использование водного аммиака других концентраций с соответствующим пересчетом на 25 %-ный раствор и уменьшение количества воды.

Силан является гидрофобизирующей добавкой, при этом содержание его в составе связующего (0,1-0,3 масс. %), что делает материал негорючим.

Механизм действия модифицирующей добавки в составе связующего заключается в следующем. Суспензия на основе диоксида кремния используется в качестве дополнительного связующего, благодаря которому достигается создание достаточно прочной структуры базальтоволокнутого материала, а также повышается термо- и водостойкость теплоизоляционного материала. Кроме того, совместное применение суспензии и кремнийорганической жидкости приводит к образованию гидрофобной кремнийорганической системы, которая обеспечивает защиту материала от влаги, повышая срок службы и эксплуатационные свойства изделия.

Увеличение прочности достигается за счет дополнительных склеенных контактов, приходящихся на одно волокно, так как мицеллы золя кремниевой кислоты оседают в местах соприкосновения волокон между собой. Применение ультрадисперсной суспензии обеспечивает большее количество коллоидных частиц в единице объема теплоизоляционной массы, что, в свою очередь, обеспечивает большее количество склеенных контактов между волокнами.

Также добавление кремнеземсодержащей суспензии приводит к снижению водопоглощения (не более 5 %) теплоизоляционных плит, что достигнуто за счет частичной замены щелочного золя кремниевой кислоты фенолоспирта.

В табл. 30 приведены физико-механические характеристики теплоизоляционных плит при введении в состав связующего суспензии на основе диоксида кремния.

Разработанный состав связующего для минераловатных теплоизоляционных плит, обеспечивает высокие эксплуатационные характеристики готовых изделий. Так, добавление кремнеземсодержащей суспензии приводит к созданию достаточно прочной структуры базальтоволокнутого материала, а также повышается термо- и водостойкость теплоизоляционного материала.

Таблица 30 – Физико-механические показатели плит из минеральной ваты теплоизоляционных «БЕЛТЕП»

Наименование показателя

Плотность, кг/м³

Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации, МПа, не менее

Предел прочности на сжатие при 10%-ной линейной деформации после сорбционного увлажнения, МПа, не менее

Предел прочности при изгибе, МПа, не менее

Предел прочности МПа на отрыв слоев не менее

Теплопроводность, Вт/(м·К), не более,

при температуре (298±5) К

Содержание органических веществ, % по массе,

не более

Влажность, % по массе, не более

Водопоглощение, % по массе, не более

Сорбционная влажность по массе при относительной влажности воздуха (при φ=97%), %, не более

Коэффициент паропроницаемости, μ, мг/(м·ч·Па),

не менее

«Строительство и архитектура 50» «Разработка физико-химических основ создания керамического кирпича и мертеля повышенной термостойкости на основе природного сырья Республики Беларусь для строительства печей различного назначения». Научный руководитель канд. техн. наук Дятлова Е.М. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра «Технология стекла и керамики».

В ходе выполнения задания «Строительство и архитектура 50» проведены корректировка и оптимизация составов керамических масс, включающих глинистые породы Республики Беларусь (каолин, тугоплавкую и легкоплавкие глины, в т.ч. и дегидратированные) и отход производства – алюмосиликатный шамот, на основании чего синтезированы керамические материалы для получения термостойкого кирпича и связующего мертеля для кладки печей и керамических деталей для изоляции печей сопротивления.

Из составов массы были исключены такие отошители, как кварцевый песок и гранитные отсеvy, которые снижают термостойкость образцов керамики, что обусловлено полиморфными превращениями кварца с изменением объема, а также образованием стекловидной фазы с термическим расширением, отличающимся от керамической матрицы. В качестве отошителей в новых сериях керамических масс использованы только алюмосиликатный огнеупорный шамот и дегидратированная тугоплавкая глина месторождения «Городное», которые обеспечивают более высокие механические и термические свойства материалов. Увеличено соотношение тугоплавкой и легкоплавкой глин до 75:25. Использован двухфракционный состав шамота и дегидратированной глины с соотношением крупной фракции (2-1 мм) к мелкой (менее 0,5 мм) как 1:1.

На основе сочетания тугоплавкой глины месторождения «Городное» с легкоплавкими глинами месторождений «Лукомль», «Осетки» и «Гайдуковка» и каолина месторождения «Ситница» синтезированы опытные образцы четырех серий керамических материалов для получения термостойкого кирпича.

Установлено, что лучшим комплексом физико-химических свойств (меньшими показателями водопоглощения и пористости, большими – механической прочности при сжатии и изгибе) обладали опытные образцы 1 и 2 серий. Опытные образцы 3 и 4 серий имели значительно большие показатели водопоглощения и пористости, и, следовательно, более низкие прочностные характеристики. Этот факт свидетельствует о разной степени протекания процесса спекания материала за счет изменения количества образующейся жидкой фазы.

Предел прочности при изгибе опытных образцов составляет 8,5-20,14 МПа, а при сжатии – от 20,5 до 53,4 МПа. Наибольшее значение механической прочности имеют материалы серии 1

(максимальное значение – 20,14 МПа), а наименьшее – серия 3 (максимальное значение – 9,81 МПа). Наибольшие значения температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) имеют образцы серии 3, а наименьшие – серии 2, образцы 1 и 4 серий имеют промежуточные значения, что обусловлено химическим и фазовым составами образцов, вероятно, главным образом, содержанием свободного кварца в структуре. Величина коэффициента теплопроводности находится в определенной зависимости от состава и структурных особенностей образцов и составляет 0,546–0,867 Вт/(м·К).

Результаты экспериментальных данных показали, что опытные образцы, в составе которых содержалась в качестве отощителя дегидратированная глина, имеют большие значения водопоглощения и открытой пористости и меньшие значения механической прочности, чем при использовании шамота алюмосиликатного. В связи с этим можно сделать вывод, что в качестве отощителя целесообразно применять шамот алюмосиликатный, введение в массу которого позволяет снизить термические напряжения, что способствует возрастанию термостойкости изделия и приводит к повышению срока службы кирпича в печи. Некоторое уменьшение ТКЛР материала за счет введения отощающего алюмосиликатного шамота обусловлено наличием в его составе кристаллической фазы муллита, относящегося к среднерасширяющимся.

Исследовано поведение керамических материалов при длительном термоциклировании (нагрев образцов до 800 °С, выдержка при ней 30 мин и резкое охлаждение в воде).

Установлено, что образцы разных серий ведут себя при термоциклировании по разному: у образцов, содержащих глину месторождений «Городное» и «Гайдуковка» (серия 4), а также на основе каолина «Ситница» и глины месторождения «Городное» (серия 3), водопоглощение после первых циклов испытания практически не изменяется, а затем после 10 циклов незначительно повышается. Для образцов 1 и 2 серий сначала наблюдается некоторое снижение водопоглощения и открытой пористости за счет продолжающихся процессов спекания при нагреве, так как легкоплавкие глины месторождений «Лукомль» и «Осетки» содержат меньше кварцевых включений и более склонны к спеканию. После 15 циклов наблюдается небольшой рост показателей указанных свойств, поскольку в образцах появляются термические микротрещины.

Структура керамических образцов всех серий до термоциклирования неоднородна, микрогетерогенна, представлена крупными зернами отощителя (аморфизированного дегидратированного глинистого вещества), отчетливо идентифицируются кристаллы кварца, мелкие кристаллы – это предположительно гематит или муллит. После 20 циклов термоциклирования структура образцов видоизменилась, она стала более равномерной, размер конгломератов несколько уменьшился. Это свидетельствует о том, что в материале под действием температуры продолжались незаконченные процессы спекания, размягчения стеклофазы и залечивание трещин, поэтому структура образцов более однородная.

Дальнейшее термоциклирование вызвало более существенные изменения структуры за счет ослабления внутрискристаллических связей. В зависимости от состава после 30–50 циклов на образцах появились поверхностные трещины, заметные визуально. Однако показатели критериальных свойств (водопоглощения и пористости) изменились незначительно. Это обусловлено тем, что трещины являлись поверхностными и не оказали ощутимого влияния на указанные свойства объемных образцов, но они могут снизить прочностные характеристики материала.

После 50 циклов резких перепадов температур процессы термического старения ускорились, что выразилось в изменении цвета образцов, повышении пористости и водопоглощения, увеличении количества и размеров термических трещин. Следует отметить, что образцы серии 4 на основе легкоплавкой глины месторождения «Гайдуковка» разрушились полностью после 55–60 циклов, в то время как образцы других серий до 70 циклов сохранили целостность.

Более однородную исходную структуру имели образцы, содержащие глину месторождения «Осетки», для остальных образцов характерна более высокая степень гетерогенности. После 30 циклов структура образцов 1 и 2 серий практически не изменилась, даже визуально (для 1 серии) уплотнилась, в то время как для образцов 3 и 4 серий характерно образование микротрещин. С увеличением количества термоциклов до 40–50 на образцах последних серий количество трещин увеличивается. Для образцов 1 и 2 серий характерно появление единичных трещин, что позволяет сделать вывод о том, что композиции тугоплавкой глины месторождения «Городное» с легкоплавкими глинами месторождений «Лукомль» и «Осетки» обладают более высокой термической устойчивостью, чем композиции этой глины с легкоплавкой глиной месторождения «Гайдуковка» и каолином месторождения «Ситница». Хотя последняя серия

представляет интерес как более огнеупорный материал, который может успешно работать в печах непрерывного действия или умеренного термоциклирования.

Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о том, что основной кристаллической фазой в образцах всех серий является кварц, сопутствующими – муллит, анортит, гематит, кристобалит.

Под действием термоциклирования фазовый состав качественно не изменяется во всех исследуемых образцах, однако можно отметить некоторое снижение интенсивности дифракционных максимумов фаз, что свидетельствует о снижении степени закристаллизованности материала, так как происходит термическое старение керамики с поверхностным нарушением структуры зерен и ослаблением внутрикристаллических связей.

Если сравнивать результаты исследований по сериям изученных шихтовых композиций, то лучшими свойствами обладают образцы 1 и 2 серий: у них наименьшие значения водопоглощения, открытой пористости и ТКЛР, наибольшие значения механической прочности, они выдержали больше число теплосмен попеременного нагревания и охлаждения. Образцы 3 и 4 серий имеют наибольшие значения водопоглощения, открытой пористости, ТКЛР, ниже показатели механической прочности и в наименьшей степени пригодны для использования в условиях длительного термоциклирования.

Таким образом, анализ результатов проведенных исследований физико-химических и термомеханических свойств, фазового состава и структуры синтезированных керамических материалов, поведения их в условиях длительного термоциклирования позволяет оптимизировать составы керамических масс для получения термостойких изделий, в т.ч. кирпича для бытовых и других печных агрегатов. В качестве оптимальных выбраны два состава шихтовых композиций 1 и 2 серий, представленные в табл. 31.

Таблица 31 – Шихтовые композиции оптимальных составов

Наименование сырьевых материалов	Состав шихтовых композиций, мас.%	
	1/1	2/2
Глина «Осетки»	–	30
Глина «Городное»	20	50
Глина «Лукомль»	50	–
Шамот алюмосиликатный	30	20

Для керамических материалов из оптимальных составов определен температурный интервал обжига, обеспечивающий заданный комплекс свойств – 1100±20 °С (табл. 32).

Таблица 32 – Показатели свойств опытных образцов оптимальных составов

Наименование свойства	Показатель свойства опытных образцов составов, обожженных при температурах	
	1/1	2/2
	1100°С	1100°С
Водопоглощение, %	8,03	8,43
Пористость открытая, %	17,79	18,43
Плотность кажущаяся, кг/м ³	2215	2186
Механическая прочность при сжатии, МПа	53,97	20,95
Механическая прочность при изгибе, МПа	17,99	8,65

ТКЛР, 10^6K^{-1}	5,82	4,62
Теплопроводность, Вт/м·К	0,846	0,648

Для данных керамических материалов разрабатывались составы кладочного раствора (мертеля) с повышенными термомеханическими свойствами с целью гармонизации свойств композиции «керамический материал–мертель–керамический материал».

При разработке составов термостойкого мертеля в качестве глинистых компонентов использовались те же сырьевые материалы, что и для изготовления печного кирпича: легкоплавкая глина месторождения «Лукомль» (или «Осетки») и тугоплавкая глина месторождения «Городное» при таком же массовом соотношении, что позволяет прогнозировать для кладочного раствора близкие к керамическому печному кирпичу термостойкость и жаропрочность (табл. 33). В качестве отощающих материалов использовался шамот из боя разработанного термостойкого керамического кирпича, кроме того вводилось низкоактивное вяжущее – конвертерный шлак БМЗ и водоудерживающая добавка – продукт переработки кубового остатка производства искусственного волокна.

Таблица 33 – Составы разработанных мертелей

№ состава	Состав мертеля, мас.%				
	Глинистый компонент	Массовое соотношение легкоплавкой и тугоплавкой глин	Низкоактивное вяжущее	Бой термостойкого керамического кирпича	Водоудерживающая добавка
М1	25	1:1	23,5	51,0	0,5
М2	30	1:1,5	15,7	54,0	0,3
М3	35	1:2	19,6	45,0	0,4

Установлено, что кладочный раствор является холоднотвердеющим, набирает за 28 суток такую же прочность при сжатии, как известные мертели для низкотемпературных промышленных печей (1,8-5,7 МПа), а после термообработки при температуре 800 °С имеет прочность 9 МПа и высокую термостойкостью (20–25 теплосмен). Тем самым удалось оптимизировать ранее разработанный состав и исключить главный недостаток предшественников – низкую адгезию кладочного раствора к поверхности керамического материала. Также были повышены и прочностные показатели (табл. 34).

Таблица 34 – Технологические свойства образцов кладочных растворов

Наименование технологических свойств кладочного раствора из мертеля	Показатели свойств образцов мертелей		
	М1	М2	М3
Время твердения, ч	15	20	18
Температура применения, °С	от 5 до 40		
Рабочая температура, °С	1100	1150	1000
Водоудерживающая способность, %	97,5	97,2	97,3
ТКЛР, $\alpha \cdot 10^6 \text{K}^{-1}$	5,7	5,3	6,8
Термостойкость, (количество теплосмен)	22	25	20
Прочность при сжатии, МПа			
- после 3 суток твердения,	0,5	1,0	2,1
- после 7 суток твердения,	0,4	0,8	1,8
- после 28 суток твердения	0,5	0,9	2,0
Предел прочности на сдвиг, МПа (через 28 суток твердения)	0,3	0,3	0,35

Исследование фазового состава мертеля, подвергнутого термообработке в градиентной печи в температурном интервале 100-800 °С, показало, что его качественный фазовый состав независимо от температуры обработки идентичен и представлен в основном кварцем ($\alpha\text{-SiO}_2$), небольшими количествами гематита (Fe_2O_3) и анортита ($\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$), о чем свидетельствуют интенсивные дифракционные максимумы кварца и слабые рефлексии остальных фаз.

Таким образом, радикальных фазовых изменений в мертеле в температурном градиенте 200-800 °С не происходит, что обеспечит стабильные эксплуатационные характеристики кладочных композиций при длительной работе печи.

Разработанный состав мертеля имеет относительно высокую жаростойкость (1000–1150) °С и ТКЛР $(5,3\text{--}6,8)\cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$. Указанные свойства мертеля при высокой адгезионной способности обеспечивают кладочной композиции «керамический материал-мертель» термостойкость более 20 теплосмен.

Практическое значение настоящей работы состоит в получении качественных керамических материалов для кладки печей, позволяющих значительно повысить безопасность их эксплуатации и срок службы.

«Строительство и архитектура 51» «Исследование физико-химических и металлургических процессов механизированной сварки в защитных газах при строительстве жилых и промышленных зданий и сооружений в условиях ветровых нагрузок, разработка технологическо-конструкторских рекомендаций по сварке на открытых площадках в строительной отрасли». 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 «Строительство и архитектура 51» исследованы и определены особенности газодинамических и металлургических процессов, параметры их доминирующих факторов при формировании ядра и пограничного слоя защитного газового потока, при формировании сварочной ванны в условиях ветровых потоков. Разработана и изготовлена конструкция двухпоточного сварочного сопла, позволяющая обеспечить эффективность защиты сварного шва за счет увеличения жесткости струи; установлены критические значения скоростей и направлений ветра, а также эффективные способы реализации процесса механизированной сварки порошковой проволокой с дополнительной газовой защитой и проволокой сплошного сечения малых диаметров в критических ветровых потоках; установлены базовые параметры технологических режимов сварочного процесса сварки в условиях критических значений ветровых нагрузок с обеспечением допустимых уровней дефектообразования и содержания азота в сварных соединениях, адаптированных к условиям выполнения строительно-монтажных работ.

По разработанному проекту изготовлен лабораторный стенд, позволяющий выполнять экспериментальные работы и изменять технологические параметры режимов сварочного процесса в необходимых пределах. Проведены исследования газодинамических процессов и параметров их доминирующих факторов при формировании защитного газового потока и воздействия ветровых нагрузок при различных режимах истечения газа и конструкции соплового аппарата (рис. 64).

Для исследований использована модель истечения газа из цилиндрического сопла сварочной горелки, относящейся к сплошным прямолинейным осесимметричным затопленным (распространяющимся в покоящейся среде) газовым струям малой скорости и соответствующие расчетные формулы.

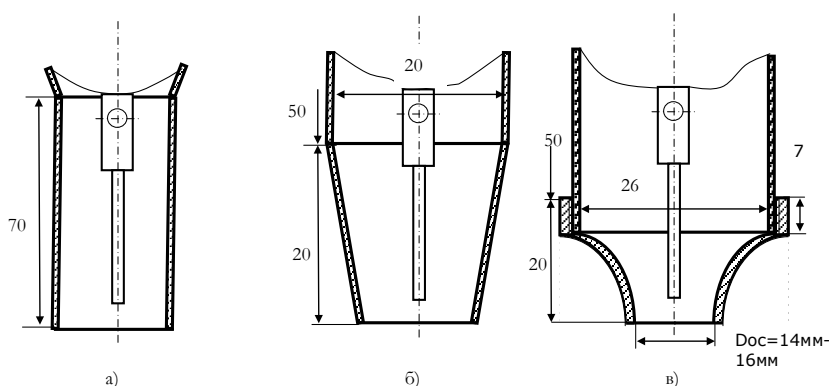


Рисунок 64 – Конструкции сопел сварочных горелок

Проведены лабораторные исследования характеристик истечения свободной струи при визуализации потока путем пропускание защитного газа (CO_2) через реагент TiCl_4 , который окрашивает газ в белый цвет, фотографирование струи, замеры углов выхода газового потока (α) с использованием специальной металлографической программы «СИАМС», расчеты коэффициента структуры струи (рис. 65).

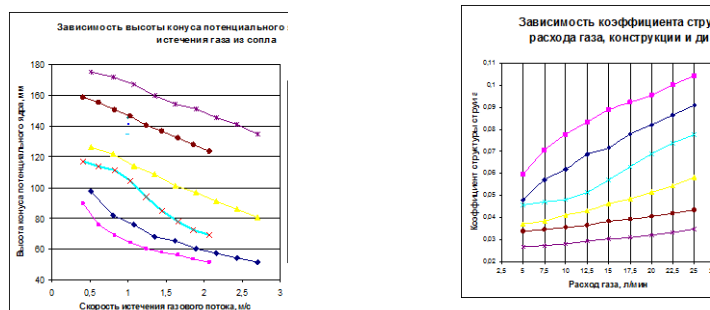


Рисунок 65 – Зависимости параметров газового потока от расхода газа и конструктивных особенностей сопла

С целью повышения жесткости газового потока проведены исследования формирования струи при тангенциальном вводе газа в сопло. Установлено наличие вращения газового потока по спиралевидной траектории и увеличение жесткости потока (сопротивляемость ветру) при использовании сопла.

Проведено численное моделирование задач нестационарной аэродинамики, происходящих в сварочных горелках в пакете LS-DYNA на суперкомпьютере СКИФ К-1000 и расчет аэродинамических характеристик сопел сварочной горелки в пакете Ansys CFX. Полученные результаты показали адекватность разработанной модели результатам экспериментов.

На основании результатов исследований разработана эффективная двухпоточная конструкция сопла сварочной горелки (рис. 66).

Проведены исследования влияния сдувающих воздушных потоков различных скоростей и направлений на металлургические процессы и параметры при формировании сварочной ванны, дефектообразование и остаточное содержания азота в наплавленном металле при различных доминирующих факторах.

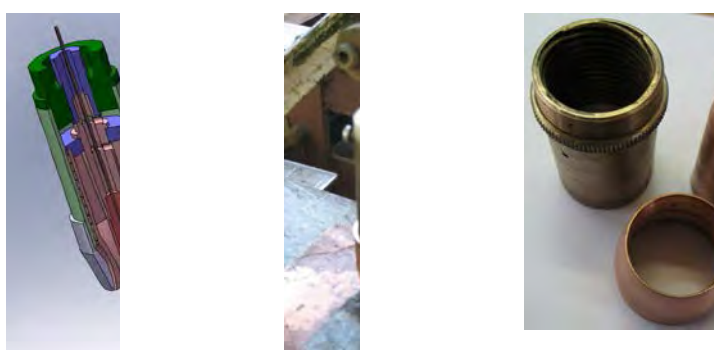


Рисунок 66 – Сопло сварочной горелки двухпоточного типа

В качестве критерия защитной способности газового потока была принята склонность наплавленного металла к образованию наружных и внутренних пор, а также тенденция к увеличению содержания азота в металле шва.

Величина пористости оценивалась по рентгеновским снимкам наплавов (рис. 67), а остаточное содержание азота химическим анализом проб стружки металла сварного шва (рис. 68).

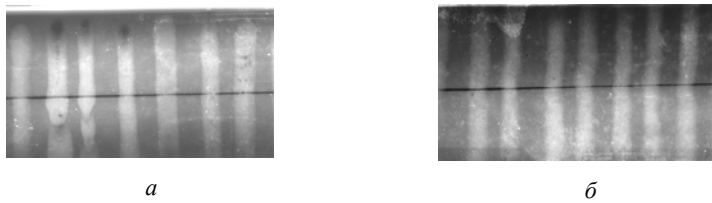


Рисунок 67 – Рентгенограммы наплавленного металла;

a – сварка проволокой сплошного сечения в CO_2 диаметром 1,2 мм.

б – сварка порошковой проволокой с дополнительной газовой защитой

Установлено, что при использовании сварочной проволоки малого диаметра небольшое увеличение силы сварочного тока значительно повышает плотность тока, в связи с чем размер капель наплаваемого металла уменьшается, увеличивается скорость прохождения их через дуговой промежуток. Температура капли металла повышается, усиливается газоотделение, уменьшается время существования капли, а, следовательно, и продолжительность контакта ее с газовой фазой, уменьшается общая поверхность капель. Кроме этого, при большом сварочном токе дуга погружается в основной металл, и поэтому большее количество капель удерживается внутри глубокой сварочной ванны.

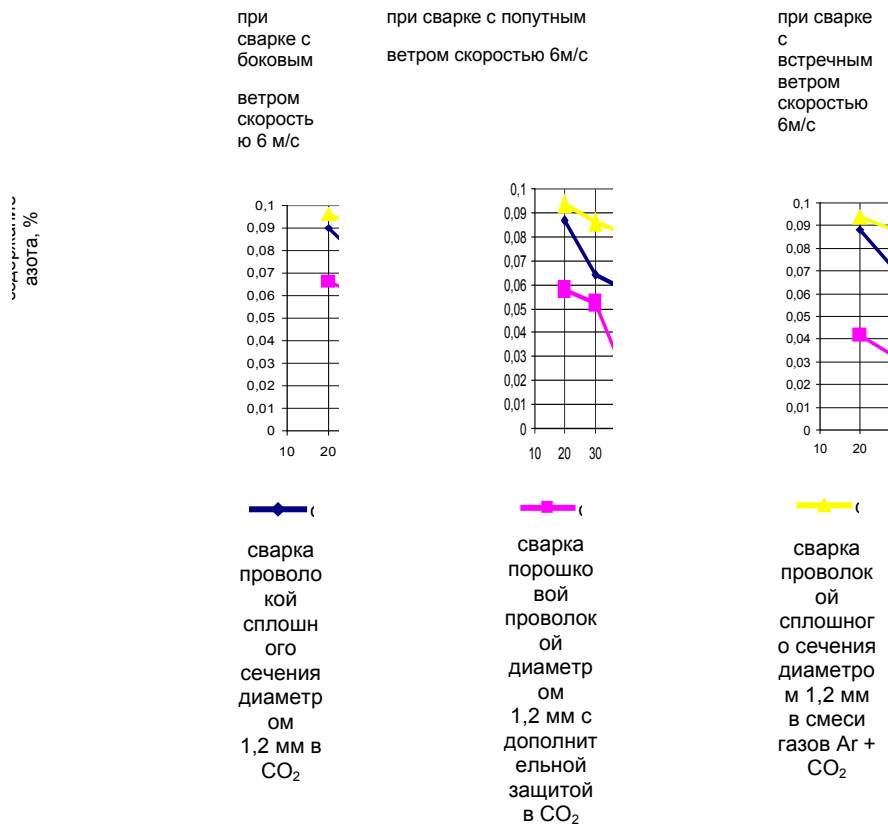


Рисунок 68 – Зависимость содержания остаточного азота в наплавленном металле от расхода защитного газа, направления ветра относительно сварного шва и особенностей процесса сварки

Установлены зависимости и параметры режимов сварки при применении проволоки сплошного сечения диаметром 1,0 мм и ветровых потоков скоростью до 8 м/с. Базовым выбран следующий режим: $V_{пр}$ – 6,1 м/мин; $U_{св.уст.}$ – 24,1 В; $I_{св.уст.}$ – 142 А.

Установлены зависимости и параметры режимов сварки при применении порошковой проволоки с дополнительной газовой защитой диаметром 1,2 мм и ветровых потоков скоростью до 8 м/с. Базовым выбран следующий режим: $V_{пр} - 4,6$ м/мин; $U_{св.уст.} - 22,0$ В; $I_{св.уст.} - 155$ А.

Установлены зависимости и параметры режимов сварки при применении самозащитной порошковой проволоки диаметром 1,0 мм и ветровых потоков скоростью до 8 м/с. Базовым выбран следующий режим: $V_{пр} - 6,1$ м/мин; $U_{св.уст.} - 22,4$ В; $I_{св.уст.} - 142$ А.

Установлено, что наиболее эффективным для выполнения в условиях ветровых потоков является механизированный способ сварки порошковой проволокой с дополнительной газовой защитой, а также сварка проволокой сплошного сечения диаметром до 1,0 мм при критической скорости ветра 8 м/с и расходе защитного газа 60 л/мин при тангенциальном и осевом вводе защитного газа в сопло и соотношении расходов по каналам 1:2 и 2:2.

Наиболее негативное влияние на формирование сварочной ванны оказывает ветер бокового направления, а уменьшение диаметра проволоки требует уменьшения значений параметров режимов сварки (сварочный ток, напряжение, скорость подачи проволоки и др.), что соответственно сказывается на эффективности и производительности процесса сварки, и ограничивает толщины свариваемых конструкций.

Практическое применение и актуальность внедрения механизированной сварки в защитных газах вместо ручной дуговой сварки покрытыми электродами на открытых площадках в строительстве подтверждено проведением лабораторных исследований и в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве с ОАО «МАПИД» при сварке в защитных газах образцов монтажных стыков колонн жилых зданий серии М464-9М. При среднем объеме сварки монтажных стыков колонн до 1800 шт/год экономия средств может составить порядка 25 млн. рублей.

По заданию «Строительство и архитектура 51» (этап «Разработка научных основ и технологии создания композиционных материалов для изготовления высоконагруженной оснастки и инструмента, использующихся при производстве строительных материалов», отв. исп. канд. техн. наук Басалай И.А.) проведены исследования по регулированию структуры и фазового состава карбидоупрочняемых покрытий, формирующихся на высокохромистых сталях путем изменения состава порошковых сред, температуры химико-термической обработки и режимов последующей термической обработки с целью отыскания оптимальных режимов обработки дереворежущего инструмента.

Известно, что при карбидизации инструментальных высокохромистых сталей с применением стандартных твердых карбюризаторов одновременно с насыщением поверхности углеродом на поверхности образуется окисная пленка. Это объясняется высоким сродством хрома к кислороду. Характерной особенностью термодиффузионной карбидизации инструментальных сталей является внутреннее окисление, что существенно ухудшает их механические характеристики. По границам зерен окисление проникает на еще большую глубину, что при последующей термической обработке является причиной образования сетки трещин, распространяющихся на всю глубину диффузионного слоя. Также отрицательно сказывается на механических свойствах слоя образование большого количества избыточных карбидов в диффузионном слое, вплоть до слияния их в сплошную карбидную корку. Эти недостатки исключают использование стандартных карбюризаторов для карбидизации дереворежущего инструмента их высокохромистых сталей. Однако при правильно выбранных составах порошковой среды вполне возможно получить в структуре слоя карбиды в форме мелких включений, равномерно распределенных, без следов внутреннего окисления.

Для изучения влияния изменения состава порошковых сред на структуру и фазовый состав карбидоупрочняемых покрытий для деревообрабатывающего инструмента использовали три разработанных порошковых среды.

Состав насыщающей среды для карбидизации на основе древесного угля ($85,0\%C + 15,0\%CH_3COONa$) имеет недостаточную насыщающую способность. В результате термодиффузионной обработки стали при $950\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 6 ч на ее поверхности формируется диффузионный слой толщиной 0,67 мм.

Введение силикокальция и порошка железа в насыщающие среды на основе древесного угля позволяет понизить температуру процесса и частично предотвратить протекание окислительных процессов, т.к. силикокальций обладает большим сродством к кислороду и делает термодинамически невозможным образование окиси хрома. Однако, при карбидизации обработки высокохромистой стали в этой порошковой среде также не обеспечивается достаточная насыщающая способность, так при $930\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 6 ч на ее поверхности формируется диффузионный слой толщиной 1,57 мм.

Использование разработанной порошковой среды на основе древесного угля, окислов хрома и алюминия, содержащих определенные компоненты, увеличивающие газопроницаемость порошковой смеси и предотвращающих внутреннее окисление, позволило избежать указанных выше недостатков и получить диффузионный слой толщиной 1,27-1,36; 1,8-2,0; 2,08-2,27 мм при 930 °С в течение 4, 6 и 8 ч соответственно.

Диффузионный слой на стали X12Ф1, состоит из двух зон: верхней, так называемой активной, имеющей повышенную травимость и более высокое содержание определенным образом расположенных карбидных включений, и переходной, по травимости мало отличающейся от сердцевины, с карбидными включениями, концентрирующимися преимущественно по границам бывших аустенитных зерен (рис. 69). В диффузионном слое образуются скоагулированные карбидные включения, равномерно распределенные в аустените, количество их плавно уменьшается по мере удаления от поверхности в глубь металла. Фазовый состав карбидизированного слоя на изделии представляет собой легированный хромом цементит - $(Fe,Cr)_3C$ и легированный железом карбид хрома $(Cr,Fe)_7C_3$.



Рисунок 69 – Микроструктура карбидизированного слоя на стали X12Ф1

Результаты исследования микротвердости по толщине карбидизированного слоя (без термообработки) на стали X12Ф1 приведены в табл. 35.

Проведено исследование влияния различных режимов термической обработки (закалка и отпуск) на твердость высокохромистой стали X12Ф1. Установлено, что твердость стали X12Ф1 достигает максимального значения 62-64 HRC после закалки с температуры 980-1020 °С, при увеличении температуры закалки твердость снижается до 50-55 HRC и ниже. Проведенное исследование влияния температуры отпуска показало, что с увеличением температуры отпуска твердость закаленной стали плавно снижается. В результате исследования термодиффузионно-упрочненных изделий также установлено, что с повышением температуры закалки до 850-950 °С твердость возрастает до максимума. Затем наблюдается резкое снижение твердости при закалке с температур 1000-1100 °С. Максимальная твердость после закалки карбидизированного слоя составляет 66-68 HRC, тогда как твердость закаленной стали без покрытия не превышает 62-64 HRC.

Таблица 35 – Микротвердость карбидизированного слоя на стали X12Ф1 (режим насыщения 1000°С, 6 ч)

Толщина слоя, мкм	Микротвердость, HV _{0,1}							
	Расстояние от поверхности в мкм							
	0	50	200	300	500	600	800	3000
1200	630	600	550	510	500	490	470	470

С повышением температуры отпуска твердость упрочненной стали плавно снижается, если закалку проводили в интервале температур 850-950 °С. Следует отметить достаточно высокую твердость даже после отпуска при 300 °С. У стали, закаленной с 1000-1100 °С, с повышением температуры отпуска наблюдается снижение твердости до 450 °С и повышение твердости до 60-62 HRC при температуре отпуска 500 °С.

С целью устранения внутреннего окисления, улучшения механических свойств и получения структуры с равномерно распределенными карбидами исследовалось влияние изотермических выдержек при проведении процесса насыщения.

Длительная выдержка (20 часов) при температуре 1050 °С в разработанной порошковой насыщающей среде приводит к формированию карбидизированного слоя толщиной 2,5 мм. Такие же результаты получены в результате использования изотермических выдержек по режиму 1050 °С (16 часов) + 950 °С (4 часа).

Исследование структуры полученных покрытий показало, что введение изотермической выдержки при 950 °С в процессе карбидизации не приводит к существенным изменениям расположения карбидов по толщине карбидизированного слоя, а также их химического состава. Поверхностная твердость полученных по различным режимам диффузионных слоев также имеет значения одного порядка и составляет 1200-1290 HV_{0,1}, что свидетельствует об отсутствии внутреннего окисления.

Также проведено исследование по изменению температур изотермических выдержек и их количества на твердость карбидизированного слоя.

Результаты проведенных исследований по использованию изотермических выдержек при проведении процесса карбидизации в порошковых средах показали возможность получения диффузионных слоев толщиной до 2,5 мм с высокими механическими характеристиками.

Кроме того, очевидным является целесообразность закалки карбидизированной стали X12Ф1 с температуры 850 °С.

Результаты дюрометрических исследований по влиянию условий карбидизации и последующей термической обработки на микротвердость карбидизированного слоя на стали X12Ф1 показывают, что наличие изотермических выдержек при разных температурах и их количество влияет на микротвердость поверхности, но не оказывает существенного влияния на характер изменения микротвердости по толщине карбидизированного слоя.

В связи с необходимостью доводки термоупрочненного и подвергнутого последующей закалке и отпуску дереворежущего инструмента из высокохромистых сталей до требуемых размеров, целесообразно изучение изменения твердости HRC по толщине карбидизированного слоя, полученного с применением изотермических выдержек.

Исследования, проведенные с этой целью, показали, что длительная выдержка при карбидизации в течение 16 часов при 1050 °С приводит к формированию карбидизированного слоя толщиной 2,5 мм и, вероятно, к изменению химического состава приповерхностной зоны покрытия в большей степени, чем при выдержке 4 часа при 1050 °С. Поэтому появляется возможность закалки образцов с 800 °С на твердость 68-69 HRC.

Установлено, что с увеличением температуры закалки с 800 °С до 950 °С твердость на поверхности упрочненного слоя уменьшается от 68 до 64 HRC; на глубине 0,5 мм проходит через максимум при 900 °С от 66 до 69 и далее до 66 HRC; на глубине 1,0 мм плавно увеличивается от 62 до 67 HRC, а на глубине 1,5 мм – от 56 до 67 HRC.

Результаты исследований изменения твердости по толщине слоя после карбидизации в зависимости от температуры последующей закалки показали, что с удалением от поверхности твердость на образцах, закаленных при температурах 800, 850, 900 °С плавно уменьшается, причем, чем выше температура закалки, тем менее стремительно падение твердости. На образце, закаленном при 950 °С наблюдается увеличение твердости с 64 до 65-66 HRC на глубину до 2,0 мм.

Исследование твердости HRC в зависимости от температуры отпуска после карбидизации и последующей закалки с различных температур показало, что с увеличением температуры отпуска от 200 до 500 °С наблюдается уменьшение твердости поверхности независимо от температуры закалки, но следует отметить, что после отпуска при 500 °С твердость на поверхности составляет 50 и 56 HRC при температурах закалки 800 °С и 950 °С, соответственно. Влияние температуры закалки на сохранение твердости от температуры отпуска сказывается более существенно на глубине 1,0 мм.

Исследование твердости по толщине слоя в зависимости от температуры отпуска после карбидизации и закалки при температурах 850 и 950 °С показали, что в первом случае при любой температуре отпуска наблюдается плавное снижение твердости с удалением от поверхности образца на глубину до 2,0-2,4 мм: от 65 до 54 HRC при отпуске 200 °С, и от 54 до 46 HRC – при 500 °С. Если закалка осуществляется при температуре 950 °С, то изменения твердости по всей толщине карбидизированного слоя практически не наблюдается: 64-65 HRC при отпуске 200 °С и 56-55 HRC при отпуске 500 °С.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что оптимальным режимом упрочнения дереворежущего инструмента из высокохромистой стали Х12Ф1 является: карбидизация ($T = 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 16$ часов), закалка при $T = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$, отпуск при $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Испытания на износ проводились с использованием трехцилиндрового точечного метода при двух нагрузках: 50 МПа и 400 МПа (рис. 70). Скорость трения составляла 0,56 м/с, время испытаний – 100 мин. Результаты испытаний приведены в виде кривых Лоренса. Установлено, что при нагрузке 50 МПа образцы подвергаются равномерному износу и соответствуют условиям стабильного износа во всей области проведения исследований. В первые 10 мин испытаний происходит резкий износ до 4-5 мкм, а затем глубина износа увеличивается постепенно с постоянной скоростью, составляющей 0,1 мкм/мин. Увеличение нагрузки до 400 МПа вызывает быстрое увеличение износа, иногда приводящее к разрушению образцов.

Результаты проведенных испытаний показали, что при указанной нагрузке происходит равномерный износ упрочненной поверхности.

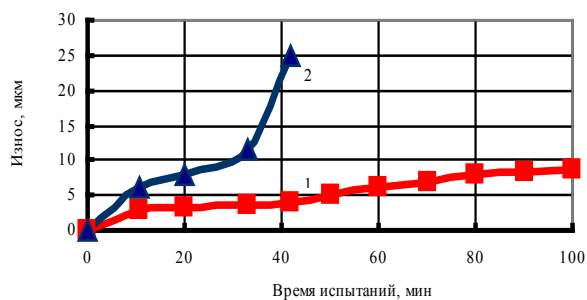


Рисунок 70 – Результаты испытаний на износ стали Х12Ф1 при нагрузке 50 МПа (1) и 400 МПа (2)

Результаты производственных испытаний на данный момент показали, что по сравнению с традиционно применяемой для изготовления подобного инструмента стали, относительная износостойкость поверхности дереворежущего инструмента с покрытиями, полученными с использованием разработанных порошковых сред для карбидизации повышается в 3-5 раз, эксплуатационная стойкость изделий повышается в 2-2,5 раза. Практическая значимость работы подтверждена положительными результатами испытаний дереворежущего инструмента из высокохромистых сталей на ООО «Номинал» и ООО «Лазурит» (г. Молодечно).

«Строительство и архитектура 52» «Разработка лазерно-электроискрового спектрометра и методического обеспечения контроля содержания хлоридов в строительных материалах и изделиях на основе цемента». Научный руководитель акад. НАН Беларуси д-р физ.-мат. наук Бураков В.С. Государственное научное учреждение «Институт физики им. Б.И. Степанова», лаборатория лазерной диагностики плазмы.

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 52» разработан метод экспрессного лазерного спектрального анализа строительных материалов на основе цемента на предмет количественного определения наличия, уровня накопления и распределения агрессивных компонентов – углерода и серы, вызывающих интенсивную коррозию цементного камня (карбонизация, сульфатная коррозия).

По заданию «Строительство и архитектура 52» создается лазерная система, предназначенная для оперативной экспертизы изменения штатного химического состава строительных материалов и конструкций на основе цемента, главным образом, для текущего контроля уровня накопления агрессивных компонентов в бетоне (хлора, углерода, серы и др.) с целью превентивного принятия легитимных мер для минимизации негативного воздействия, предотвращения аварийного состояния и разрушения обследуемых объектов. Особую важность имеет систематический мониторинг состояния строительных конструкций социально-значимых сооружений (учебные заведения, спортивные арены и др.) и объектов повышенного риска (АЭС, предприятия химпрома, промзоны и др.).

Локальная коррозия (деструкция и/или разрыхление) бетона приводит к ускоренной коррозии арматуры и, как следствие, повышение нагруженности бетона приводит к ускорению его коррозии,

т.е., процесс приводит к минимизации совместной технологической функциональности бетона и арматуры.

Текущее обследование железобетонного сооружения заключается, главным образом, в определении механических дефектов и прочностных характеристик при заборе кернов материала. Вне поля зрения остается такая важнейшая характеристика, как трансформация химсостава бетона (коррозия, вызванная внешними неконтролируемыми факторами), которая до определенного (порогового) уровня может не влиять на прочностные характеристики материала и конструкции в целом и даже способствовать псевдоуплотнению бетона. После превышения порогового уровня концентрации агрессивных компонентов в цементном камне наступают необратимые последствия (разрыхление, образование трещин, расслоение, разрушение), при этом процессы деструкции могут протекать достаточно быстро (лавиннообразно), минуя отдельные этапы. Коррозия, поражающая бетон, классифицируется следующим образом:

- растворение и вымывание (выщелачивание) гидроксида кальция а затем гидросиликатов и гидроалюминатов из цементного камня водой;

- образование растворимых или нерастворимых соединений при взаимодействии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и других составляющих цементного камня с веществами окружающей среды, но не образующих упрочняющих структурных элементов;

- образование в цементном камне (под влиянием проникающих в него веществ) твердофазных соединений, объем которых превышает объем основных частей камня, что приводит к деструкции бетона.

Сульфатная коррозия бетона – это комплекс физико-химических процессов, приводящих к разрушению бетона. Согласно классификации, сульфатная коррозия относится к такому виду коррозии, при котором разрушение материала происходит за счет напряжений, возникающих в бетоне из-за кристаллизации экспансивных фаз, в первую очередь, этtringита и таумасита.

Предложен, разработан и апробирован комбинированный лазерно-электроискровой спектральный метод экспрессного определения основных агрессивных компонентов – хлора, серы и углерода в материалах на основе цемента без предварительной пробоподготовки. Метод также применим для определения полного компонентного состава цементного камня и входного сырья. Возбуждение спектров и существенное повышение их интенсивности проведено при наложении на лазерный абляционный факел импульсного электрического разряда. Экспериментальные результаты обследования материала проблемного объекта представлены на рис. 71.

Как следует из экспериментальных данных, концентрация серы в стенке аварийного объекта находится в норме, тогда как повышенное содержание углерода свидетельствует о значительной карбонизации (развитой коррозии) материала стенки.

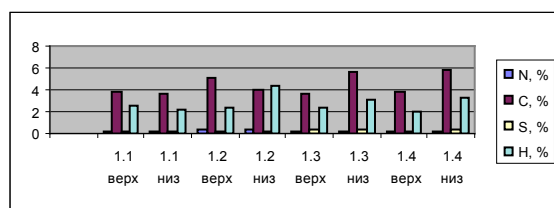


Рисунок 71 – Измеренное распределение агрессивных элементов (углерода и серы) по глубине стенки аварийного объекта (1.1 верх – верхняя часть керна, 1.1 низ – нижняя часть керна; заглубление в стенку от 1.1 до 1.4)

Биосистема в зонах повышенного риска, например, в окрестностях автомобильных дорог, подвергается сильному влиянию загрязнений, прямо или косвенно связанных с автомобильным транспортом. Можно выделить два основных вида транспортного загрязнения: солевое, связанное с применением противогололедных препаратов, и загрязнение тяжелыми металлами, попадающими в компоненты окружающей среды с выхлопами автотранспорта и пылью от автомагистрали. Особую тревогу вызывает зона, непосредственно примыкающая к МКАД, где фитоценозы подвержены глубоко зашедшим дигрессивным процессам, которые в будущем могут проявить себя и в более опасных формах: в утрате восстановительного потенциала лесов, лесной среды и облика, наконец, в утрате устойчивости древостоями и увеличении риска массовой гибели деревьев.

В связи с этим был проведен анализ степени загрязнения зеленых насаждений вдоль МКАД компонентами противогололедных реагентов (хлором) с целью установления причин их деградации.

Содержание хлора, который относится к труднопределяемым элементам, измерялось в отобранных биологических образцах разработанным экспрессным методом лазерно-электроискрового спектрального анализа. Предложено и отработано инструментальное и методическое обеспечение экспресс-контроля хлора в растительных образцах.

Статистическая обработка полученных данных (табл. 36) показала, что концентрации хлора в образцах значительно отличаются от концентраций в контрольных образцах, расположенных в глубине лесного массива. В среднем содержание хлора в образцах, собранных с деревьев, произрастающих вдоль МКАД, превышало контрольное значение в 3,7 раза через 10 дней опыта и в 5,5 раза через 30 дней опыта.

Степень накопления хлора в образцах зависит от положения дороги в рельефе относительно прилегающих насаждений. Наибольшее содержание отмечено в образцах, отобранных в варианте при положении дороги в насыпи (0,68 %), наименьшее – 0,26 % при положении дороги в выемке, то есть в 2,6 раз меньше. Содержание хлора в образцах при положении дороги в нулевой отметке в среднем составляет 0,40%. При сравнении между собой различных участков МКАД оказалось, что наибольшее содержание в образцах хлора выявлено на участке автодороги в районе ул. Ангарская (Пикет 590+00), наименьшее содержание – в районе п. Ждановичи (Пикет 410+00).

Таблица 36 – Содержание хлора в контрольных образцах и образцах в зависимости от сроков экспозиции и положения дороги в рельефе, %

	Содержание хлора в образцах	
	Сроки экспозиции, дней	Положение дороги
З		
н		
а		
ч		
е		
н		
и		
е		
С		
р		
е		
д		
н		
е		
е		
М		
и		
н		
и		
м		
а		
л		
ь		
н		
о		
е		
М		
а		
к		
с		
и		
м		
а		

Разработанный метод и аппаратура могут быть распространены на экологический контроль содержания токсичных элементов и тяжелых металлов в любых материалах и образцах биологического происхождения.

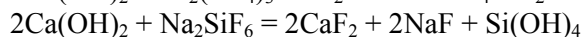
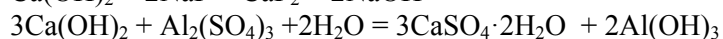
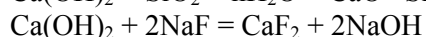
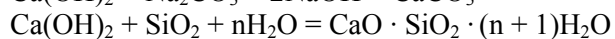
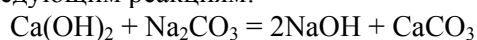
В результате реализации задания будет обеспечен экспрессный мониторинг конструкций, изделий, материалов на основе цемента без привлечения для этих целей ранее использовавшихся методов химического анализа, имеющих ряд существенных недостатков. Предлагаемая специализированная лазерная аппаратура и соответствующие методики являются новыми в СНГ и перспективными для использования в строительной индустрии для текущего и экспертного контроля материалов и изделий на основе цемента, включая входной контроль. Прогнозируемый экономический эффект будет получен в результате замены рутинных химических методов анализа на современный экспрессный лазерный метод, позволяющий поднять на более высокий уровень качество контроля химсостава материалов и изделий на основе цемента. Данный метод может быть распространен на контроль содержания токсичных элементов и тяжелых металлов в материалах и образцах биологического происхождения. Внедрение метода будет иметь большой экологический и социальный эффекты.

«Строительство и архитектура 53» «Разработка научно-технологических основ прогнозируемого управления процессами структурообразования при твердении эстрих-гипса с целью получения на его основе сухих строительных смесей повышенной прочности и водостойкости». Научный руководитель канд. техн. наук Мечай А.А. Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра «Химическая технология вяжущих материалов».

В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 53» были разработаны составы высокообжиговых гипсовых вяжущих на основе отвалного фосфогипса с различными добавками-интенсификаторами. С помощью дифференциально-термического, рентгенофазового анализов и сканирующей электронной микроскопии исследованы состав и структура твердеющей системы.

Актуальность работы определяется тем, что в последнее время потребность в высокообжиговом гипсовом вяжущем (ВГВ) существенно возросла, что объясняется бурным развитием производства сухих строительных смесей. Годовая потребность белорусского строительного комплекса в ВГВ (ангидритовом вяжущем и эстрих-гипсе) составляет около 50 тыс. т, а покрывается она в основном за счет использования цементных стяжек и высокопрочного гипса, которые обладают недостаточными теплоизолирующими свойствами и низкой водостойкостью. Кроме того, производство такого типа вяжущего в странах СНГ отсутствует вследствие дефицита природного гипсового сырья. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется производству гипсовых вяжущих из гипсосодержащих отходов. Одним из таких отходов является фосфогипс (отход производства экстракционной фосфорной кислоты).

Эффективными активаторами процесса гидратации высокообжигового гипсового вяжущего явились фторид натрия, кремнефторид натрия, сульфат алюминия в сочетании с фторидом натрия и глиноземистый цемент. Для нейтрализации вредных кислых примесей сырьевые смеси включали карбонатный компонент в виде мела. Карбонат кальция нейтрализует вредные кислые примеси и переводит в нелетучие нерастворимые соединения. Также при декарбонизации CaCO_3 образуется свободный CaO , который является активатором процесса гидратации нерастворимого ангидрита, образующегося в процессе обжига фосфогипса. При затворении ВГВ находящийся в его составе CaO гасится с образованием Ca(OH)_2 , который вступает во взаимодействие с вводимыми добавками по следующим реакциям:



Гидроксид натрия ускоряет процесс гидратации ангидрита за счет увеличения его растворимости, способствуя набору прочности в ранние сроки твердения. Низкоосновные гидросиликаты кальция, являющиеся продуктами взаимодействия $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с аморфным SiO_2 кремнегеля, формируют прочный водостойкий каркас, что также приводит к уплотнению твердеющей системы. Образующиеся при взаимодействии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с карбонатом, фторидом и кремнефторидом натрия нерастворимые соединения (CaF_2 , CaCO_3) заполняют поры твердеющего гипсового камня, что способствует формированию плотной водостойкой структуры. Гелеобразные гидроксид алюминия и кремнекислота в виде пленки покрывают кристаллы двухводного гипса, повышая водостойкость продуктов гидратации.

Получены высокообжиговые гипсовые вяжущие со следующими свойствами: предел прочности при сжатии в возрасте 3 суток – 19-33 МПа, в возрасте 28 суток – 27-47 МПа, сроки схватывания: начало – 30 мин-2 ч, конец – 1-4 ч, коэффициент водостойкости $K_B = 0,6-0,8$.

Для интерпретации полученных результатов были проведены рентгенофазовый, дифференциально-термический анализы продуктов гидратации эстрих-гипса. Данные рентгенофазового анализа представлены на рис. 72, 73.

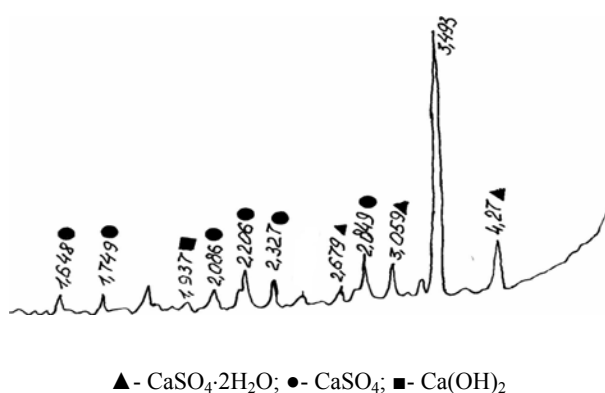


Рисунок 72 – Рентгенограмма продуктов гидратации контрольного образца

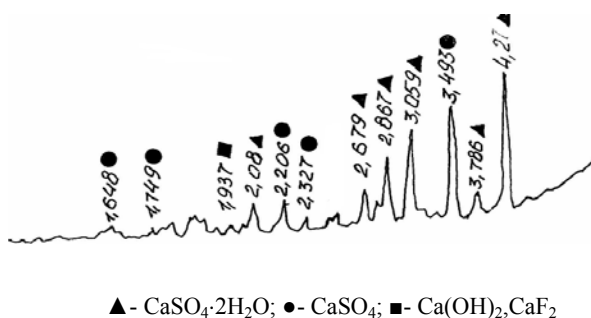


Рисунок 73 – Рентгенограмма продуктов гидратации образца, содержавшего в сырьевой смеси 5 % мела при дозировке NaF 1 %

Анализ представленных рентгенограмм свидетельствует о более полной гидратации ангидрита в присутствии добавок-активаторов, что приводит к значительному увеличению прочности. Интенсивность пиков, соответствующих $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, в присутствии NaF увеличивается. При взаимодействии гидроксида кальция с вводимыми добавками образуются нерастворимые соединения, способствующие уплотнению твердеющей системы, что приводит к росту прочности.

Данные рентгенофазового анализа подтверждаются дифференциально-термическим анализом продуктов гидратации эстрих-гипса. Результаты исследований представлены на рис. 74, 75.

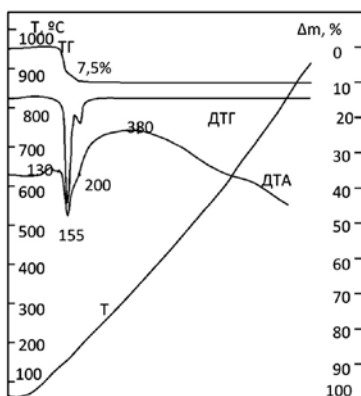


Рисунок 74 –
Дериватограмма
контрольного образца

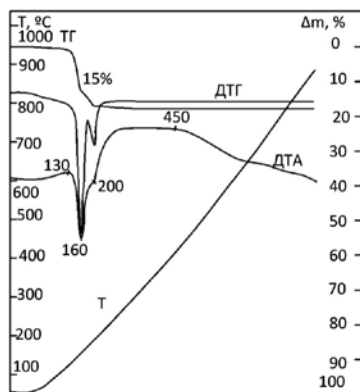


Рисунок 75 –
Дериватограмма образца,
содержащего в сырьевой
смеси 5 % мела при
дозировке NaF 1 %

Как видно из дериватограмм, потеря массы у образца, содержащего добавку-активатор, в интервале температур 130-200°C в 2 раза выше, чем у контрольного, что свидетельствует о повышенном содержании $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ за счет большей степени гидратации ангидрита.

С целью изучения микроструктуры затвердевшего гипсового камня был проведен электронно-микроскопический анализ продуктов гидратации эстрих-гипса. Фотографии микроструктуры твердеющих систем в возрасте 28 суток представлены на рис. 76, 77.

Структура гипсового камня с активирующей добавкой более плотная, что связано с образованием в порах нерастворимого CaF_2 . Кроме того, образующийся в твердеющей системе NaOH способствует большей степени гидратации, о чем свидетельствует наличие повышенного количества пластинчатых, волокнистых и призматических кристаллов дигидрата сульфата кальция.

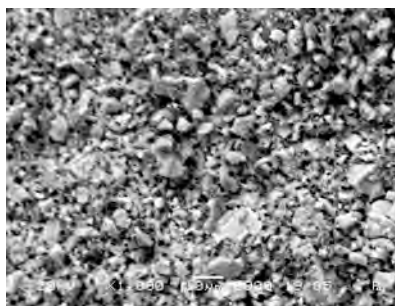


Рисунок 76 – Микроструктура
продуктов гидратации контрольного
образца (обожженного фосфогипса)

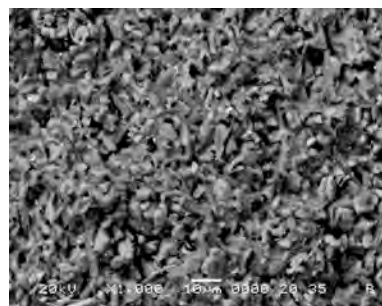


Рисунок 77 – Микроструктура
продуктов гидратации ВГВ с
добавкой NaF

Разработанные составы высокообжиговых гипсовых вяжущих могут быть использованы при устройстве самонивелирующихся оснований под полы вместо цементных стяжек и строительного и высокопрочного гипса. Данные составы удовлетворяют требованиям по прочности и водостойкости, предъявляемым к сухим строительным смесям для устройства самонивелирующихся полов. Расчетная себестоимость эстрих-гипса составляет около 160 тыс. руб., а предполагаемая стоимость сухих строительных смесей на основе эстрих-гипса составит 250-300 тыс. руб., что в 2,5-3 раза дешевле аналогов.

«Строительство и архитектура 54» «Исследование микроволновых методов и создание первичных преобразователей для экспрессного контроля влажности строительных материалов и конструкций». Научный руководитель канд. техн. наук Любецкий Н.В. Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси», лаборатория радиоволновых методов контроля.

По заданию «Строительство и архитектура 54» разработан новый микроволновой экспрессный метод контроля влажности строительных материалов и конструкций с использованием широкополосного сигнала с перестраиваемой частотой. Метод позволяет определять влажность в заданном объеме, причем изменение плотности контролируемого материала не оказывает влияния на его точность. На основе вышеуказанного метода разработан ряд перспективных первичных микроволновых преобразователей, с которыми проведены экспериментальные исследования на предмет определения влажности строительных материалов и конструкций на различных глубинах.

На рис. 78 приведены частотные зависимости для первичного микроволнового преобразователя, разработанного на основе четвертьволнового коаксиального резонатора с заданными размерами. Частотная зависимость для первичного микроволнового преобразователя в воздухе показана сплошной линией. Данному состоянию преобразователя соответствует фиксированное значение резонансной частоты и амплитуды резонансного пика. При установлении преобразователя на сухой бетонный блок уменьшается (смещается влево) резонансная частота и ее амплитуда (пунктирная линия). При изменении плотности бетона (для конкретной марки в пределах технических требований) происходит только смещение резонансной частоты в небольших пределах, при этом амплитуда пика не изменяется. При установлении преобразователя на влажный бетонный блок происходит значительное уменьшение и резонансной частоты (смещается влево), и амплитуды резонансного пика (штрих-пунктирная линия). При увеличении влажности бетонного образца резонансный пик все дальше смещается влево, а его амплитуда уменьшается.

Было установлено, что для различных первичных преобразователей, разработанных в рамках задания (на основе полосковой линии и диэлектрического цилиндрического резонатора; на основе четвертьволнового микрополоскового отрезка и двух микрополосковых ответвителей; на основе четвертьволнового коаксиального резонатора; на основе кольцевых резонаторов, расположенных на диэлектрической подложке, металлизированной с обратной стороны), глубина проникновения электромагнитной волны в контролируемый материал различна. Эти результаты позволили, с одной стороны, разработать экспрессную методику измерения влажности строительных материалов, на точности которой не будет сказываться изменение плотности, так как определяются два параметра характеристики первичного преобразователя (частота и амплитуда). С другой стороны, использование сменных микроволновых преобразователей, работающих в том же частотном диапазоне, позволяет измерить влажность на различных глубинах и определить распределение влаги по объему строительной конструкции.

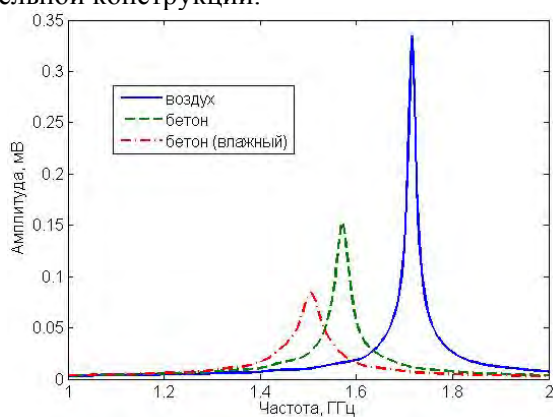


Рисунок 78 – Частотные зависимости для первичного микроволнового преобразователя, разработанного на основе четвертьволнового коаксиального резонатора с заданными размерами

Для реализации разработанного метода на практике необходимо создать малогабаритное устройство со свипированием частоты в широком частотном диапазоне и автоматизировать процесс измерения амплитудно-частотных характеристик микроволновых преобразователей.

Для автоматического измерения амплитудно-частотных характеристик различных микроволновых первичных преобразователей была разработана и создана экспериментальная установка. Установка состоит из персонального компьютера, микропроцессорной платы сбора и обработки данных АТ-МЮ-16ХЕ-10, сопряженной с персональным компьютером, сверхвысокочастотного генераторного

блока с перестраиваемой частотой и источника питания. Также было разработано программное обеспечение. С помощью экспериментальных исследований было установлено, что для бетонов с различной плотностью по измеренным параметрам резонансного пика (частоте и амплитуде) можно определять влажность бетона различных марок. Однако при этом необходимо учитывать и температуру контролируемого материала.

Таким образом, с помощью нового метода и разработанных сменных преобразователей можно будет создать унифицированный влагомер для контроля свойств различных строительных материалов.

В 2009 г. опубликовано научных работ по заданиям программы всего – 252,4, из них:

- монографий – 2;
- научных статей – 163,2;
- научно-популярных статей – 1;
- сборников научных трудов, конференций – 1;
- справочников и энциклопедий – 1;
- учебников и учебных пособий – 7;
- тезисов докладов – 77,2;
- в том числе за рубежом:
 - монографий – нет;
 - научных статей – 17;
 - тезисов докладов – 5;

сдано в печать, всего – 13, их них:

- монографий – нет;
- научных статей – 12;
- научно-популярных статей – нет;
- сборников научных трудов – нет;
- справочников и энциклопедий – нет;
- учебников и учебных пособий – 1;
- тезисов докладов – нет;
- в том числе за рубежом:
 - монографий – нет;
 - научных статей – нет ;
 - тезисов докладов – нет.

По заданиям программы в 2009 г.

а)

- *открыто научных законов* – нет;
- *выдвинуто и обосновано научных теорий* – 3:
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – теория экологической безопасности в архитектурной среде жилых зданий;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – теория формирования композиционных структур жилых зданий с учетом условий восприятия;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – теория единой энергетической системы жилого здания;
- *открыто новых научных закономерностей* – 37:
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 01» – закономерность влияния массы контролируемого изделия на параметры удара при испытаниях бетонов методом динамического индентирования;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 01» – закономерность связи модуля упругости контролируемого материала с параметрами испытательного удара (коэффициентом восстановления скорости, максимальной глубиной внедрения, контактным усилием при максимальной глубине внедрения);
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 02» – закономерность формирования неоднородности в распределении напряженности вторичного магнитного поля рассеяния над

поверхностью бетонных конструкций в зависимости от магнитной восприимчивости материала и размеров структурных неоднородностей конструкций при намагничивании постоянным магнитным полем;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 03» – закономерность, состоящая в наличии порогового возбуждения акустического шума под действием переменного магнитного поля;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 06» – аналитическая зависимость эффективного коэффициента теплопроводности микромодуля газовоздушного контура от его объемной пористости и коэффициентов теплопроводности отдельных элементов с помощью комбинации адиабатных и изотермических плоскостей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 06» – аналитическая зависимость наибольшего термического сопротивления слоя из микромодулей от их геометрических параметров и разностей температур для наиболее характерных чисел Re от 108 до 203;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – влияние параметров формы здания на показатели энергоэффективности;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – влияние ориентированного проектирования на повышение комфортных характеристик жилого здания и улучшение показателей энергоэффективности;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 10» – закономерность перераспределения содержания углерода при деформировании образцов из строительных сталей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 15» – закономерность в механизме взаимодействия молекул воды и функциональных групп химических добавок с гидратированной поверхностью трехкальциевого силиката, которая объясняет роль электростатической составляющей механизма пластификации цементных композиций;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 16» – закономерность изменения атмосферостойкости пленок дорожной разметочной краски в зависимости от содержания в составе краски акрилового сополимера;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 17» – закономерность управления процессами твердения цементного камня в присутствии комплексной химической добавки на основе гексафторсиликата магния и солей щелочных металлов;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 17» – влияние комплексной химической добавки на основе гексафторсиликата магния и солей щелочных и щелочноземельных металлов на физико-механические свойства цементного камня и бетона;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 19» – закономерность управления основными свойствами напрягающего цемента при использовании добавок ускорителей и пластификаторов;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 22» – закономерность управления процессом фазообразования при формировании полуфриттованных покрытий матовой фактуры путем вариации количества глушителя (циркона) во фриттованной и нефриттованной составляющих сырьевых композиций;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 23» – закономерность влияния химико-минералогического состава глинистого сырья и температурных режимов обжига на физико-химические свойства и цветовые характеристики стеновых керамических материалов;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 23» – закономерность влияния вида и используемых отходов (золоотходы, отходы сахарного производства) на эксплуатационные характеристики керамического кирпича;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 23» – закономерность формирования окраски керамических материалов во взаимосвязи с процессами структуро- и фазообразования;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 32» – закономерность изменения параметров напряженно-деформированного состояния сталефибробетонных плит, работающих в условиях местного среза, при увеличении объемного процента фибрового армирования;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 38» – закономерность стабилизации роста пластических деформаций при малоцикловом нагружении;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 38» – закономерность изменения прочностных и деформативных характеристик бетона, а также несущей способности изгибаемых железобетонных элементов в зависимости от уровня нагружения;

- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 39» – закономерность развития самонапряжения в элементах с арматурой, напрягаемой комбинированным способом, и изменения напряжения в арматуре, напрягаемой комбинированным способом;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – закономерность изменения величины преднапряжения сталебетонного элемента в предельной стадии по прочности в зависимости от значения механогеометрического параметра элемента;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – закономерность изменения величины минимального начального преднапряжения сталебетонного элемента (достаточного для обеспечения совместности поперечных деформаций двух материалов композитного сечения) в зависимости от значения механогеометрического параметра элемента;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – закономерность изменения величины оптимального значения начального преднапряжения сталебетонного элемента (обеспечивающего эффективную работу в предельном состоянии по прочности) в зависимости от значения механогеометрического параметра элемента;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – закономерность изменения прочности при действии продольных сил предварительно напряженных сталебетонных элементов круглого поперечного сечения в зависимости от прочностных характеристик стальной оболочки и бетонного ядра, коэффициента армирования и величины обжатия бетона ядра в предельном состоянии по прочности за счет предварительного напряжения;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 42» – закономерность изменения направлений векторов главных деформаций в бетоне в зависимости от угла отгиба части преднапряженной продольной арматуры в стадии предварительного обжатия бетона до нагружения внешней нагрузкой и в процессе нагружения;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 48» – закономерность возрастания коэффициента поглощения механической энергии в армированных пластиках при увеличении амплитуды вынужденных колебаний;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 48» – уменьшение резонансной частоты в многослойных конструкциях, содержащих элементы из армированных пластиков, при увеличении объемной доли арматуры;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 49» – закономерность управления свойствами связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных, при введении в его состав суспензии на основе пирогенного кремнезема;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 49» – закономерность управления характеристиками плит минераловатных теплоизоляционных при введении модифицирующей добавки в состав связующего;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – закономерность влияния химического состава и температурных режимов обжига на физико-химические и термические свойства керамических материалов и их поведение при длительном термоциклировании;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – взаимосвязь между составом и связующими свойствами мертелей (адгезия, водоудерживающая способность, прочность сцепления с керамическим материалом);
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – закономерность влияния градиента температур на фазовый состав мертеля и свойства композиции «керамический кирпич – мертель»;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – закономерность влияния температуры процесса карбидизации на распределение карбидов в слое;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – закономерность влияния температуры процесса карбидизации на размер карбидных фаз в слое;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 53» – закономерность управления свойствами высокообжигового гипсового вяжущего за счет введения в его состав добавок-модификаторов;
 - создано новых методов и методик исследований – 44;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 01» – методика снижения неопределенности измерения прочности бетона;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 02» – методика экспериментальных исследований магнитоструктурных неоднородностей бетонных конструкций, состоящая в том, что поверхность конструкции сканируют источником постоянного магнитного поля и одновременно регистрируют

напряженность вторичного магнитного поля над поверхностью конструкции в зоне расположения источника поля;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 03» – методика измерения магнитного возбуждения акустического шума с помощью приставного электромагнита;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 03» – методика измерения и обработки сигнала магнитоакустического шума на образцах строительных сталей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 04» – методика оценки готовности строительных растворов, основанная на контроле момента сдвига флюгера для оптимизации состава строительных смесей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 06» – методика проведения экспериментальных исследований термического сопротивления теплоизоляционного слоя из микромодулей ячеистой формы;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – методика выбора рациональной формы здания при сравнении вариантов в процессе проектирования на основе сопоставительного анализа показателей энергоэффективности их формы;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – методические основы формирования экологически обоснованной архитектурной среды жилых зданий;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – методика проектирования архитектурно-художественного решения многоквартирного жилого дома на основе оптимизации его визуального восприятия;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – метод экономической оценки проектируемого здания, основанного на сопоставлении его архитектурных качеств с проектом-эталонном с оптимальными архитектурными решениями;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 15» – метод определения дипольных моментов химических добавок пластификаторов – как порошкообразных, так и в водных растворах;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 19» – методика определения адсорбции различных пластификаторов на напрягающем цементе;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 20» – новый метод построения моделей регрессии, заключающийся в минимизации интегральной квадратичной ошибки (отклонения) от кусочно-гладкого приближения эмпирических данных на интервале изменения фактора. Соответственно, для оценки качества регрессионной модели предложено использовать коэффициент интегральной детерминации R_{DD} – квадрат;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 20» – методика определения диапазона изменения размера ячеек, покрывающих многочастичные агрегаты типа кластер-кластер, в котором наиболее корректно оценивается внутренняя структура и фрактальная размерность агрегата;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 29» – универсальная методика определения оптимальной частоты вращения размольного стола среднеходных мельниц;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 31» – методика пространственного расчета балочного бездиафрагменного пролетного строения, в котором расчетная схема принимается без искажения реальной конструкции;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 31» – методика определения напряженно-деформированного состояния многослойной конструкции проезжей части с применением деформационной модели;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 34» – методика определения несущей способности, устойчивости и колебаний физически нелинейных висячих конструкций, которая использована для анализа работы вантового покрытия УСЗК «Минск-Арена» при различных сочетаниях нагрузок и воздействий;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 36» – методика и метод определения осадки плитного коробчатого фундамента и винтовой сваи с учетом уплотнения грунта;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – методика исследования устойчивости гофрированной оболочки средней длины близкой по форме к цилиндрической, лежащей на упругом винклеровском основании, под действием неоднородного внешнего давления, содержащая формулы для критической нагрузки с учетом неоднородности упругого основания, нагружения и произвольного вида краев;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – методика, позволяющая оценить напряженно-деформированное состояние тонкостенной гофрированной цилиндрической панели,

- лежащей на упругом основании, учитывающая физические и геометрические свойства панели, длину волны гофра и принимающая во внимание свойства грунта;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – методика оценки напряженно-деформированного состояния составной конструкции, состоящей из элементов гофрированных панелей, позволяющая выбрать способ соединения подкрепляющих элементов с целью уменьшения прогиба верхней части конструкции и минимизации усилий и моментов при заданных ее физических и геометрических параметрах;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 38» – методика расчета железобетонных пространственных фундаментов, как системы перекрестных балок с учетом ползучести бетона;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 38» – методика расчета прочности контакта сборного и монолитного бетона;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 38» – методика расчета по второй группе предельных состояний железобетонных конструкций, подверженных сложным видам деформаций;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 38» – методика расчета на кручение элементов фундаментно-подвальной части таврового сечения;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – методика исследования напряженно-деформированного состояния металлической структурной конструкции системы «БрГТУ» путем измерения частот собственных колебаний стержней;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – методика проведения экспериментальных исследований измерительных струнных преобразователей;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – методика проведения экспериментальных исследований измерительных тензорезистивных преобразователей;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – методика проведения экспериментальных исследований измерительных индуктивных преобразователей;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – методика проведения экспериментальных исследований измерительных оптоволоконных преобразователей;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 46» – методика типологического анализа структурирования сельской застройки;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 46» – методика ландшафтно-топографического анализа (систематизация исторических видовых топонимов, картографического материала различных исторических периодов и соотношение его с натурными данными);
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 46» – методика анализа особенностей архитектурно-функциональной адаптации традиционных жилых и подсобных построек в контексте этнокультурных стереотипов и понятийных маркеров (лексико-семантических обозначений);
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 47» – методика применения энергосберегающих технологий и архитектурных приемов энергосбережения при реконструкции жилых зданий;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 48» – методика моделирования вынужденных колебаний простых строительных конструкций, содержащих элементы из перекрестно армированных полимеров;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – методика численного моделирования задач нестационарной аэродинамики, происходящих в сварочных горелках;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – методика моделирования аэродинамических характеристик сопел сварочной горелки в пакете Ansys CFX;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – методика приготовления порошковой насыщающей среды для карбидизации на основе отработанной порошковой среды для карбонитрации;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – методика определения количества и размеров карбидов в диффузионном слое;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 52» – метод экспрессного лазерного спектрального анализа строительных материалов на основе цемента на предмет количественного определения наличия, уровня накопления и распределения агрессивных компонентов – углерода и серы, вызывающих интенсивную коррозию цементного камня (карбонизация, сульфатная коррозия);
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 52» – метод контроля содержания и состава вяжущего вещества в бетоне, основанный на алгоритме безэталоного лазерного спектрального анализа со сдвоенными лазерными импульсами для пробоотбора и атомизации материала и возможностью локального микроскопического наведения пятна поражения на мишень;

- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 52» – лазерно-спектроскопический метод определения эффективности фильтров на основе мха для контроля загрязнения биосистемы хлоридами, наносимыми на дорожные покрытия;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 54» – двухпараметровый метод измерения влажности на основе использования резонансной микроволновой системы и широкополосного сигнала с перестраиваемой частотой, который позволяет повысить точность измерения влажности за счет учета влияния изменения плотности строительных материалов;
- *прочие* – 7:
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 01» – математическая модель измерения прочности бетона методом динамического индентирования;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 01» – количественный вклад входных величин модели измерения (коэффициента восстановления скорости, массы, радиуса и предупредительной скорости индентора, коэффициента Пуассона и модуля упругости бетона) в суммарную неопределенность измерения;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 08» – принципиальная модель жидкоаэродинамической системы обеспечения максимальной герметизации стыков;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 08» – последовательность технологических операций при монтаже стыков с использованием гидротеплопневморегулируемых стыковых сопряжений;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 08» – рекомендации по использованию гидротеплопневморегулируемых стыковых сопряжений;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 24» – способ устройства дорожного покрытия из сборных элементов;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 29» – способ оптимизации рабочих параметров помольного агрегата, работающего в замкнутом цикле;
- *создано объектов новой техники (образцов новых изделий и (или) конструкторской документации, новых технологических процессов)* – 47,
в том числе:
- машины, оборудование, приборы* – 8:
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 02» – экспериментальная установка для измерения пространственного распределения напряженности магнитного поля рассеяния от магнитных неоднородностей бетонных конструкций;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 03» – лабораторная установка для возбуждения акустического шума с помощью приставного электромагнита;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 29» – экспериментальный воздушный динамический роторный сепаратор, работающий в замкнутом цикле с валковой среднеходной мельницей;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – экспериментальная установка для исследований метрологических характеристик тензорезистивных измерительных преобразователей систем строительного мониторинга;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – экспериментальная установка для исследований метрологических характеристик струнных измерительных преобразователей систем строительного мониторинга;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – экспериментальная установка для исследований метрологических характеристик оптоволоконных измерительных преобразователей систем строительного мониторинга;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – экспериментальная установка для исследований метрологических характеристик индуктивных измерительных преобразователей систем строительного мониторинга;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 52» – экспериментальный специализированный лазерный спектрометр со сдвоенными лазерными импульсами для пробоотбора и атомизации материалов на основе цемента и возможностью локального микроскопического наведения пятна поражения на мишень;
- материалы, вещества, инструменты* – 20:

- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 15» – 2 вещества продукты нитронметинирования эпоксидной смолы ДЭГ-1 и конденсации хинона со смолой ДЭГ-1, являющиеся согласно СТБ 1112-98 химическими добавками для цементного бетона – пластификаторами II группы;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 16» – рецептура и состав нового вещества – белой водно-дисперсионной краски для разметки автомобильных дорог;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 17» – комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния и водорастворимых солей щелочных и щелочноземельных металлов для бетона, позволяющая повысить его механическую прочность в ранние сроки твердения;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 19» – ремонтный состав на основе напрягающего цемента с различными добавками, предназначенный для заделки крупных дефектов и трещин, а также для замоноличивания стыков в сборно-монолитных конструкциях;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 21» – модификация суспензии торфяных гуматов (STG), применение которой в качестве химической добавки в бетон железобетонных конструкций (в том числе и предварительно-напряженных) обеспечивает ему повышенные защитные свойства по отношению к стальной предварительно-напряженной арматуре;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 22» – 3 состава глазурных покрытий с высокой износостойчивостью (степень 3-4): Р4 и Г14 с использованием фритты Р и НП8 с использованием фритты П5;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 23» – керамическая масса для получения объемно-окрашенного кирпича на основе сочетания двух глин белорусских месторождений;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 23» – керамическая масса с использованием отходов от сжигания топлива из биомассы;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 23» – керамическая масса с использованием отходов сахарного производства;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 48» – полимерная композиция для изготовления труб;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 49» – неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – 2 керамических материала для получения термостойкого кирпича для кладки бытовых печей;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – материал для керамических деталей для футеровки печей сопротивления;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – термостойкий мертель;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – порошковая насыщающая среда для карбидизации высокохромистых сталей;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 53» – строительный материал (эстрих-гипс) на основе фосфогипса и различных добавок-активаторов;
- технологические процессы – 3:*
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 17» – технологический процесс получения комплексной химической добавки на основе гексафторсиликата магния и водорастворимых солей щелочных и щелочноземельных металлов для объемной обработки бетона и железобетона;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 21» – структурная схема технологического регламента (ТР) на способ получения из отходов торфа и торфосточков торфопредприятия «Гатча-Осовское» ГПО «Белтопгаз» суспензии торфяных гуматов (STG) (модификация STG-3 ТУ РБ 02071613.379-2004), придающая бетону повышенные прочностные и защитные свойства по отношению к стальной арматуре;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – технологический процесс получения порошковой насыщающей среды для карбидизации высокохромистых сталей;
- системы, комплексы, АСУ, АБР, САПР – 6;*
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 36» – программный комплекс «Энергия-2Д-09» с расширенным интерфейсом визуального ввода и вывода данных в числовой и графической форме, предназначенный для исследования нелинейных систем сложной структуры механики грунтов и строительной механики, определенных в односвязном и многосвязном двумерном пространстве;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 36» – программный комплекс «Энергия-ОС-09» с расширенным интерфейсом визуального ввода и вывода данных в числовой и графической форме, предназначенный для исследований осесимметричных систем;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 36» программный комплекс «Энергия-3Д-09» с расширенным интерфейсом визуального ввода и вывода данных в числовой и графической форме, предназначенный для исследования общего типа систем механики грунтов;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – пакет прикладных программ, позволяющий при исследовании устойчивости гофрированной оболочки средней длины, лежащей на упругом основании, под действием неоднородного внешнего давления найти численное решение разрешающего уравнения относительно нормального прогиба, вычислить критическое значение параметра нагружения и число волн, проанализировать влияние наличия гофра на величину критической нагрузки;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – пакет прикладных программ, выполняющий численные расчеты для деформаций, мембранных и перерезывающих усилий и моментов, возникающих в срединной поверхности гофрированной панели, залегающей в грунте, учитывающий зависимость от длины волны гофра, толщины и величины угла раствора панели;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 54» – экспериментальная установка для автоматического измерения амплитудно-частотных характеристик микроволновых первичных преобразователей для влагомеров, состоящая из персонального компьютера, микропроцессорной платы сбора и обработки данных National Instruments AT-MIO-16XE-10, сопряженной с персональным компьютером, сверхвысокочастотного генераторного блока с перестраиваемой частотой и источника питания;

конструкторская документация – нет.

прочие объекты – 10:

❖ по заданию «Строительство и архитектура 04» – программное обеспечение прибора для оценки качества композиционных строительных смесей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 05» – 3 акустические датчика для регистрации процессов акустической эмиссии в бетоне;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 07» – оголовок вытяжного стояка теплого чердака здания; [заявка на патент]

❖ по заданию «Строительство и архитектура 07» – конструкция крыши с теплым аэродинамическим чердаком;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – большепролетное металлическое покрытие универсального спортивного комплекса в г. Гродно;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – покрытие дворца водных видов спорта с областным диспансером спортивной медицины по ул. Московской в г. Бресте;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 47» – типовой проект «Энергоэффективный 1-квартирный жилой дом с деревянными каркасными стенами»;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – конструкция двухпоточного сопла сварочной горелки с одновременным тангенциальным и осевым вводом газа, обеспечивающая эффективную защиту сварочной ванны в условиях ветровых воздействий;

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

– *экспериментальные (макетные) образцы – 27:*

❖ по заданию «Строительство и архитектура 02» – экспериментальная установка для измерения пространственного распределения напряженности магнитного поля рассеяния от магнитных неоднородностей бетонных конструкций;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 03» – лабораторная установка для возбуждения акустического шума с помощью приставного электромагнита;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 04» – программное обеспечение прибора для оценки качества композиционных строительных смесей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 05» – 3 акустические датчика для регистрации процессов акустической эмиссии в бетоне;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 07» – оголовок вытяжного стояка теплого чердака здания;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 07» – конструкция крыши с теплым аэродинамическим чердаком;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 15» – 2 вещества – продукты нитронметинирования эпоксидной смолы ДЭГ-1 и конденсации хинона со смолой ДЭГ-1,

являющиеся согласно СТБ 1112-98 химическими добавками для цементного бетона – пластификаторами II группы;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 16» – рецептура и состав нового вещества – белой водно-дисперсионной краски для разметки автомобильных дорог;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 17» – комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния и водорастворимых солей щелочных и щелочноземельных металлов для бетона, позволяющая повысить его механическую прочность в ранние сроки твердения;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 17» – технологический процесс получения комплексной химической добавки на основе гексафторсиликата магния и водорастворимых солей щелочных и щелочноземельных металлов для объемной обработки бетона и железобетона;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 19» – ремонтный состав на основе напрягающего цемента с различными добавками, предназначенный для заделки крупных дефектов и трещин, а также для замоноличивания стыков в сборно-монолитных конструкциях;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 21» – структурная схема технологического регламента (ТР) на способ получения из отходов торфа и торфосточков торфопредприятия «Гатча-Осовское» ГПО «Белтопгаз» суспензии торфяных гуматов (STG) (модификация STG-3 ТУ РБ 02071613.379-2004), придающая бетону повышенные прочностные и защитные свойства по отношению к стальной арматуре;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 29» – экспериментальный воздушный динамический роторный сепаратор, работающий в замкнутом цикле с валковой среднеходной мельницей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – пакет прикладных программ, позволяющий при исследовании устойчивости гофрированной оболочки средней длины, лежащей на упругом основании, под действием неоднородного внешнего давления найти численное решение разрешающего уравнения относительно нормального прогиба, вычислить критическое значение параметра нагружения и число волн, проанализировать влияние наличия гофра на величину критической нагрузки;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – пакет прикладных программ, выполняющий численные расчеты для деформаций, мембранных и перерезывающих усилий и моментов, возникающих в срединной поверхности гофрированной панели, залегающей в грунте, учитывающий зависимость от длины волны гофра, толщины и величины угла раствора панели;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – экспериментальная установка для исследований метрологических характеристик тензорезистивных измерительных преобразователей систем строительного мониторинга;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – экспериментальная установка для исследований метрологических характеристик струнных измерительных преобразователей систем строительного мониторинга;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – экспериментальная установка для исследований метрологических характеристик оптоволоконных измерительных преобразователей систем строительного мониторинга;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 45» – экспериментальная установка для исследований метрологических характеристик индуктивных измерительных преобразователей систем строительного мониторинга;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 49» – неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – конструкция двухпоточного сопла сварочной горелки с одновременным тангенциальным и осевым вводом газа, обеспечивающая эффективную защиту сварочной ванны в условиях ветровых воздействий;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 52» – экспериментальный специализированный лазерный спектрометр со сдвоенными лазерными импульсами для пробоотбора и атомизации материалов на основе цемента и возможностью локального микроскопического наведения пятна поражения на мишень;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 53» – строительный материал (эстрих-гипс) на основе фосфогипса и различных добавок-активаторов;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 54» – экспериментальная установка для автоматического измерения амплитудно-частотных характеристик микроволновых первичных

преобразователей для влагомеров, состоящая из персонального компьютера, микропроцессорной платы сбора и обработки данных National Instruments AT-МЮ-16ХЕ-10, сопряженной с персональным компьютером, сверхвысокочастотного генераторного блока с перестраиваемой частотой и источника питания;

– *опытные образцы* – 17:

❖ по заданию «Строительство и архитектура 21» – модификация суспензии торфяных гуматов (STG), применение которой в качестве химической добавки в бетон железобетонных конструкций (в том числе и предварительно-напряженных) обеспечивает ему повышенные защитные свойства по отношению к стальной предварительно-напряженной арматуре;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 22» – 3 состава глазурных покрытий с высокой износоустойчивостью (степень 3-4) на образцах полуфабрикатов производственных плиток для полов в условиях ОАО «Керамин»;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 23» – на основе 3 разработанных составов керамических масс выпущена опытная партия лицевого керамического пустотелого кирпича в количестве 50 штук;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 36» – программный комплекс «Энергия-2Д-09» с расширенным интерфейсом визуального ввода и вывода данных в числовой и графической форме, предназначенный для исследования нелинейных систем сложной структуры механики грунтов и строительной механики, определенных в односвязном и многосвязном двумерном пространстве, проходит опытную эксплуатацию в УП «Институт БелНИИС» Минстройархитектуры;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 36» – программный комплекс «Энергия-ОС-09» с расширенным интерфейсом визуального ввода и вывода данных в числовой и графической форме, предназначенный для исследований осесимметричных систем, проходит опытную эксплуатацию в УП «Институт БелНИИС» Минстройархитектуры;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 36» – программный комплекс «Энергия-3Д-09» с расширенным интерфейсом визуального ввода и вывода данных в числовой и графической форме, предназначенный для исследования общего типа систем механики грунтов, проходит опытную эксплуатацию в УП «Институт БелНИИС» Минстройархитектуры;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 48» – полимерная композиция для изготовления труб;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – 2 керамических материала для получения термостойкого кирпича для кладки бытовых печей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – материал для керамических деталей для футеровки печей сопротивления;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – термостойкий мертель;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – порошковая насыщающая среда для карбидизации высокохромистых сталей;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – технологический процесс получения порошковой насыщающей среды для карбидизации высокохромистых сталей;

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

❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – большепролетное металлическое покрытие универсального спортивного комплекса в г. Гродно;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – покрытие дворца водных видов спорта с областным диспансером спортивной медицины по ул. Московской в г. Бресте;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 47» – типовой проект «Энергоэффективный 1-квартирный жилой дом с деревянными каркасными стенами»;

– *промышленные образцы* – нет;

– *мелкосерийное производство* – нет.

б)

– *создано передовых производственных технологий по заданиям программы, всего* – 1, в том числе:

– *новых в стране* – 1:

❖ по заданию «Строительство и архитектура 16» – производственная технология одновременного изготовления белой, желтой и оранжевой краски для разметки автомобильных дорог в трех шаровых мельницах для мокрого помола; [п. 29, стр. ст.]

– *новых за рубежом* – нет

– *принципиально новых* – нет

Получено охранных документов на объекты промышленной собственности по заданиям программы, всего – 26,

из них:

– *патенты на изобретения* – 11:

❖ по заданию «Строительство и архитектура 06» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 5292 «Наружное ограждение», авторы: Хрусталева Б.М., Акельев В.Д., Сизов В.Д., Золотарева И.М.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 10» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 12129 «Способ скрепления контактного рельса с основанием пути в тоннеле метрополитена», авторы: Василевич Ю.В., Неумержицкий В.В.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 12» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 12826 «Добавка в бетонную смесь с гидрофобизатором для получения объемно-гидрофобизированного бетона» авторы: Леонович С.Н., Щукин Г.Л. и др.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 16» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 12396 «Лакокрасочная композиция для разметки автомобильных дорог», авторы: Платонов А.П., Ковчур А.С., Ковчур С.Г.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 22» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 11672 от 28.02.2009 «Глушенная глазурь», авторы: Левицкий И.А., Новиков В.С.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 22» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 11995 от 09.03.2009 «Сырьевая композиция для нефритованной глазури», авторы: Левицкий И.А., Баранцева С.Е., Мазура Н.В.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 48» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 12276 «Трехшарнирная рама для здания с виброактивным оборудованием», авторы: Куземкина Г.М., Шимановский А.О.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 48» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 12553 «Клеевая композиция и способ ее получения», авторы: Шаповалов В.М., Злотников И.И., Пискунов С.В.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 48» – патент Рос. Федерации на изобретение № 2375391 «Клеевая композиция и способ ее получения», авторы: Шаповалов В.М., Злотников И.И., Тимошенко В.В., Кудян С.Г.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 13058 «Керамическая масса для получения изделий, подвергающихся воздействию термоциклических нагрузок», авторы: Дятлова Е.М., Какошко Е.С., Подболотова К.Б., Белинко С.К., Шидловский А.В.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – патент Респ. Беларусь на изобретение № 12167 от 30.08.2009 «Состав для карбидизации высокохромистой стали», авторы: Петрович С.Н., Стасевич Г.В., Кухарева Н.Г., Басалай И.А.;

– *патенты на промышленные образцы* – нет;

– *патенты на полезные модели* – 15:

❖ по заданию «Строительство и архитектура 03» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5473 от 04.05.2009 «Магнитошумовой преобразователь для контроля усталостных трещин», автор Бусько В.Н.; (0,5)

❖ по заданию «Строительство и архитектура 03» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5867 от 10.05.2009 «Автономный магнитошумовой преобразователь», авторы В.Н. Бусько, В.Н. Кулагин, С.Я. Линевиц; (0,5)

❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – патент Рос. Федерации на полезную модель № 80471 от 10.02.2009 «Комбинированное пространственное структурное покрытие», авторы: Драган В.И., Мухин А.В., Зинкевич И.В., Головкин Л.Г., Лебедь В.А., Шуринов А.Б., Любстибер В.В., Мигель А.В., Пчелин В.Н.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5446 от 04.05.2009 «Сотовый купол», авторы: Северянин В.С., Драган В.И., Мухин А.В.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5495 от 15.05.2009 «Узел соединения пространственного каркаса из полых стержней», авторы: Драган В.И., Мартысюк В.С., Харитонович Д.А., Пчелин В.Н.;

- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5535 от 01.06.2009 «Узел соединения пространственного каркаса из полых стержней», авторы: Драган В.И., Морилова Н.Л., Пчелин В.Н.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5542 от 01.06.2009 «Узел соединения верхнего пространственного каркаса из полых стержней», авторы: Драган В.И., Пчелин В.Н., Игнатюк В.И., Семенюк О.С.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5541 от 01.06.2009 «Узел соединения верхнего пояса пространственного каркаса из полых стержней», авторы: Драган В.И., Пчелин В.Н., Мухин А.В., Семенюк О.С.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 4869 «Устройство для образования уширений в скважине», авторы: Пойта П.С., Чернюк В.П. и др.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5283 «Устройство для образования уширений в скважине», авторы: Пойта П.С., Чернюк В.П. и др.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5632 «Устройство для уплотнения грунтов», авторы: Пойта П.С., Пчелин В.Н. и др.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5228 «Забивная свая», авторы: Пойта П.С., Чернюк В.П., Кузьмич П.М., Семенюк С.М., Тимошук В.А.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5309 «Устройство для образования уширения в скважине», авторы: Пойта П.С., Чернюк В.П., Семенюк С.М., Бондарь А.В.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5309 «Валец дорожного катка», авторы: Пойта П.С., Пчелин В.Н., Чернюк В.П., Семенюк О.С.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5008 от 28.02.2009 «Устройство для электродуговой сварки в среде защитных газов», авторы: Пантелеенко Ф.И., Окунь Г.И., Писарев В.А.;
 - ❖ по заданию «Строительство и архитектура 54» – патент Респ. Беларусь на полезную модель № 5878 «Устройство для измерения концентрации веществ в трубопроводе», авторы Любецкий Н.В., Ковшар С.Н.;
- *свидетельств на товарные знаки* – нет.

Подано заявок на охраняемые документы промышленной собственности по заданиям программы, всего – 11,

в том числе:

– *патенты на изобретения* – 10:

- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 07» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение №а 20091022 «Оголовок вытяжного стояка теплого чердака здания», авторы: Протасевич А.М., Якимович Д.Д.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 07» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение №а 20091461 «Крыша с теплым аэродинамическим чердаком», авторы: Протасевич А.М., Якимович Д.Д.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 08» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение №а 20091836 «Конструкция стыка панелей», авторы: Хрусталева Б.М., Сизов В.Д., Акельев В.Д., Золотарева И.М.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 16» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение № а20090712 от 15.05.2009 «Водно-дисперсионная белая краска для разметки автомобильных дорог», авторы: Платонов А.П., Трутнев А.А., Ковчур С.Г., Ковчур А.С.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 22» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение № а20091903 от 30.12.2009 «Глушенная полуфриттованная глазурь», авторы: Левицкий И.А., Баранцева С.Е.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 23» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение № а20090934 от 25.06.2009 «Керамическая масса для производства поризованных блоков», авторы: Пищ И.В., Попов Р.Ю., Климонш Ю.А., Бирюк В.А.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 29» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение № а2009005 от 05.01.2009 «Мельничный сепаратор», авторы: Вайтехович П.Е., Францкевич В.С., Дорогокупец А.С., Петров О.А.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение № а20090292 от 20.05.2009 «Способ образования пирамидальных свай», авторы: Пойта П.С., Пчелин В.Н. и др.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – заявка на патент Республики Беларусь на изобретение № а20091274 от 31.08.2009 «Мертель», авторы: Дятлова Е.М., Плышевский С.В., Какошко Е.С.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – заявка на патент Респ. Беларусь на изобретение № а20090231 от 18.02.2009 «Состав для борохромирования углеродистых сталей», авторы: Кухарева Н.Г., Стасевич Г.В., Петрович С.Н., Басалай И.А.;

– *патенты на промышленные образцы* – нет;

– *патенты на полезные модели* – 1;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 51» – заявка на патент Респ. Беларусь на полезную модель № и20090382 от 12.05.2009 «Горелка для дуговой сварки в защитных газах», авторы: Пантелеенко Ф.И., Окунь Г.И., Писарев В.А., Саранцев В.В.;

– *свидетельств на товарные знаки* – нет.

Сведения об использовании за отчетный период полученных по заданию программы результатов научно-исследовательских работ (акты внедрения (передачи), справки о внедрении, акты испытаний):

3.6.1. Количество хозяйственных договоров (контрактов, соглашений), выполняемых в отчетном периоде по результатам, полученным в рамках заданий программы, всего – 25,6 с объемом – 404,395 млн. руб.,

в том числе:

– на проведение НИР, ОКР и ОТР (для зарегистрированных в установленном порядке работ) – 2, с объемом 25 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 36» методология, технология и методы математического и компьютерного объектно-ориентированного моделирования нелинейных систем деформируемых твердых тел, позволяющие учитывать особенности структуры и свойств строительных объектов как единой системы на стадии проектирования и тем самым повысить надежность строительного сооружения и оптимизировать его себестоимость, были использованы при выполнении договора № 08-21 от 01.10.2008 между УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины» Минобразования и УП «Институт БелНИИС» Минстройархитектуры по теме «Исследовать работы винтовых свай гражданских и промышленных сооружений в грунтовых условиях Беларуси на сжимающие, выдергивающие и моментные нагрузки методом компьютерного моделирования», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований, составил 20 млн. руб.

❖ Разработана в рамках задания «Строительство и архитектура 46» концепция экспозиции музейного комплекса Корчмы и усадьбы с несвязанными постройками по х/д №с 100 от 25.06.2009 между ГНУ «Институт искусствоведения, этнографии и фольклора им. К. Крапивы НАН Беларуси» и Учреждением «Белорусский государственный музей народной архитектуры и быта» Минкультуры по теме «Исследование памятников народной архитектуры для формирования комплекса Корчмы и экспозиционного сектора «Центральная Беларусь» учреждения «Белорусский государственный музей народной архитектуры и быта», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 5 млн. руб.

– по подготовке и постановке инноваций в производстве – 4, с объемом 149 млн. руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная система «БрГТУ» использована при выполнении х/д № 08/129 от 18.08.2009 между УО «Брестский государственный технический университет» Минобразования и ОУПП «Институт Гродногражданпроект» Минстройархитектуры по теме «Универсальный спортивный комплекс для игровых видов спорта по проспекту Янки Купала в г. Гродно», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 41 млн. руб.; при выполнении х/д № 08/187 от

15.12.2008 между УО «Брестский государственный технический университет» Минобразования и ОАО «Брестмаш» на тему «Конструкции металлические стадии (КМД) покрытий над залами бассейнов и тренажерным залом Дворца водных видов спорта в г. Бресте», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 52 млн. руб.; при выполнении х/д № 09/40 от 01.04.2009 между УО «Брестский государственный технический университет» Минобразования и ОАО «Могилевгражданпроект» Минстройархитектуры по теме «Учебно-лабораторный корпус со спорткомплексом по ул. Ленинской в г. Могилеве», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 16 млн. руб.; при выполнении х/д № 09/40 от 01.04.2009 между УО «Брестский государственный технический университет» Минобразования и УП «Институт БелНИИС» Минстройархитектуры по теме «Мониторинг за поведением МК покрытия летнего амфитеатра «Славянский базар» в г. Витебске», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 40 млн. руб.;

– договоров по выпуску вновь освоенной продукции, разработанной организацией-исполнителем задания программы – 2, с объемом 8,77 млн. руб.

❖ Разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 51» технологический процесс термодиффузионного борирования использован для упрочнения пустото- и пазообразователей, пластин форм прессования кирпича, используемых для производства силикатного и керамического кирпича при выполнении х/д № 959/09с от 13.03.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и ОАО «Радошковичский керамический завод» по теме «Проведение термодиффузионного упрочнения пустотообразователей из порошковых сред на основе бора», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 3,77 млн.руб.; х/д № 2997 от 28.01.2009 между УП «Технопарк БНТУ «МЕТОЛИТ» Минобразования и ПРУП «Обольский керамический завод» по теме «Проведение процесса борирования пластин пресс-форм».

❖ Разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 54» сверхвысококачественный генератор с перестраиваемой частотой был использован при выполнении х/д № 4/1-2009 от 27.02.2009 между ГНУ «Институт прикладной физики» НАН Беларуси и Белорусским национальным техническим университетом Минобразования на тему «Разработка и изготовление микроволнового интроскопа для неразрушающего контроля строительных конструкций», объем работ, выполненный с использованием результатов исследований, составил 5 млн. руб.

– договоров на проведение работ в сфере научного обслуживания, сертификационных и других испытаний продукции – 4,6, с объемом 54,6 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 03» и «Электроника 4.31» устройства и система магнитозумового измерения напряжений в строительных конструкциях использованы при выполнении х/д № 11/7-08 между ГНУ «Институт прикладной физики» НАН Беларуси и УКС Мингорисполкома по теме «Устройство и наладка системы мониторинга нижнего металлического кольца вантового покрытия здания на объекте: «Многопрофильный культурно-спортивный комплекс «Минск-Арена» в г. Минске» (0,3); по х/д № 11/8-08 между ГНУ «Институт прикладной физики» НАН Беларуси и УКС Мингорисполкома по теме «Комплектации системы мониторинга нижнего кольца объекта строительства «Многопрофильный культурно-спортивный комплекс «Минск-Арена» в г. Минске» (0,3), объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований, составил 38 млн. руб.

❖ С использованием нового метода построения моделей регрессии, созданного в рамках задания «Строительство и архитектура 20», выполнены статистическая обработка эмпирических данных и долгосрочное прогнозирование экстремальных значений временных рядов снеговой нагрузки. В результате разработаны карты снеговых районов и типов распределения снеговой нагрузки в Республике Беларусь, включенные в Национальное приложение к ТНKP 1991-1-3: 2009 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия – Снеговые нагрузки». Работа выполнена в рамках Государственной программы технического нормирования Министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь. Указанный ТНПА зарегистрирован РУП «Стройтехнорм» и введен в действие с 01.01.2010 (справки о внедрении результатов от 01.10.2009 № 09-05-10/3623).

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 21» модификации добавки для бетонов STG-3 прошли испытания в Испытательном центре ОАО «Красносельскстройматериалы» на разрабатываемых цементах в рамках договора № 27/10-2059 от 03.09.2009 между УО «Брестский государственный технический университет» Минобразования ОАО «Красносельскстройматериалы» Минстройархитектуры. Результаты испытаний подтверждены протоколами испытаний Испытательного центра (аккредитован в системе аккредитации Республики

Беларусь в соответствии с требованиями СТБ ИСО/МЭК 17025, аттестат № ВУ/11202.2.0.0068). Объем работ, выполненный в процессе испытаний разработанных модификаций добавки STG-3, составляет 1,6 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 31» рекомендации по проектированию, усилению и ремонту конструктивных элементов мостовых и транспортных сооружений были использованы при выполнении х/д № 1532 от 21.04.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и ПРУП «Белпромпроект» Минстройархитектуры по теме «Исследование технического состояния несущих и ограждающих конструкций автоцентра скорой и неотложной помощи Горздравотдела на 500 автомобилей по ул.П. Бровки в г. Минске и разработка рекомендаций по усилению и ремонту конструктивных элементов», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 10 млн. руб.; при выполнении х/д № 2929/09с от 25.08.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования ГП «БелдорНИИ» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь по теме «Разработать национальные приложения к техническим кодексам установившейся практики по проектированию автодорожных мостов, идентичных нормам проектирования Евросоюза», в том числе:

Национальное приложение к ТКП ЕН 1991-2 Еврокод 1, Воздействие на строительные конструкции. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты;

Национальное приложение к ТКП ЕН 1992-2 Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Железобетонные мосты. Проектирование и правила конструирования;

Национальное приложение к ТКП ЕН 1993-2 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 2. Стальные мосты;

Национальное приложение к ТКП ЕН 1994-2 Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Часть 2. Общие правила и правила для мостов;

Объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 5 млн. руб.

– передача прав использования неохранных результатов – нет.

– прочие (научные и инженерные услуги) – 13, с объемом 167,025 млн. руб.

❖ Разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 01» склерометр ИПБ-М, а также полученные зависимости параметров индентирования от физико-механических свойств материала использованы при выполнении работ по х/д № 3/2-09 от 17.03.2009 между ГНУ «Институт прикладной физики» НАН Беларуси и ГП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр» Департамента Белавтодор по теме «Разработка технических условий на прибор ИПА 1. Разработка метода определения физико-механических свойств асфальтобетона с помощью прибора ИПА 1», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований, составил 6 млн. руб.

❖ Разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 06» методика расчета температурных полей теплоизоляционных слоев с учетом влияния их теплофизических характеристик использована при выполнении х/д 1313/09с от 18.04.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и УП «Ремид» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь по теме «Исследования и анализ теплотехнических качеств ограждающих конструкций, составление воздушных и тепловых балансов и расчет теплотерь административного здания УП «Ремид» для определения максимальных часовых тепловых нагрузок», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований, составил 7,47 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 06» методики расчетов температурных полей с учетом влияния отражательной способности, плотности и сопротивления паропроницаемости использованы при выполнении х/д № 1129/09с от 24.03.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и РУПП «Гранит» Минстройархитектуры по теме «Исследования и анализ теплотехнических свойств ограждающих конструкций, тепловых и воздушных балансов производственных корпусов ДСЗ РУПП «Гранит» с рекомендациями по модернизации систем отопления и вентиляции и целесообразности тепловой реабилитации ограждающих конструкций», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований, составил 38,5 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания программы «Строительство и архитектура 08» методики расчетов деформативно-прочностных характеристик стыковых сопряжений для герметизации стыков использованы при выполнении х/д № 1129/09с от 24.03.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и РУПП «Гранит» Минстройархитектуры по теме

«Исследования и анализ теплотехнических свойств ограждающих конструкций, тепловых и воздушных балансов производственных корпусов ДСЗ РУПП «Гранит» с рекомендациями по модернизации систем отопления и вентиляции и целесообразности тепловой реабилитации ограждающих конструкций», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований, составил 28,8 млн. руб.

❖ Разработанные в ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 09» новая типология жилых домов и квартир и проектное предложение экспериментальной секции многоквартирного жилого здания с новыми типами малометражных квартир передано к внедрению в процесс проектирования для строительства 90-квартирного жилого дома в г.п. Самохваловичи Минского района.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 30» методика, алгоритм расчета и компьютерная программа расчета неоднородных стержней, пригодная для расчета стальных и сталежелезобетонных балок, использована при проектировании стальных несущих конструкций по х/д №2103/08 от 18.11.2008 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и ОАО «КТИСМА» по теме «Разработка раздела КМ проекта несущего стального каркаса одноэтажного здания с размерами в плане 33 метра ×102 метра», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 19,909 млн. руб; по х/д № 1772/09с от 01.05.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и ОАО «КТИСМА» по теме «Разработка части проекта «Конструкции металлические» для зданий проектируемого комплекса по производству молока на промышленной основе на 1200 голов в урочище «Бочка» Пинского района Брестской области», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 12 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 34» методы и программный комплекс расчета нелинейно деформируемых шарнирно-стержневых систем на статические и динамические нагрузки и тепловые воздействия использованы при выполнении х/д №173-МОЦ между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и ОАО «Белгоспроект» Минстройархитектуры по теме «Расчет пространственных конструкций предварительно напряженного двухпоясного вантового покрытия многофункционального спортивно-зрелищного комплекса «Минск-Арена», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 22 млн. руб.

❖ В рамках задания «Строительство и архитектура 46» по х/д № 2 от 01.12.2009 между ГНУ «Институт искусствоведения, этнографии и фольклора им. К. Крапивы НАН Беларуси» и УП «Минскпроект» Минархитектуры осуществляется разработка научного проекта «Концепция экспозиционных комплексов «Усадьба и жилище г. Минска XII-XVI вв.», «Старинная водяная мельница», «Традиционная культура и быт горожан» к проекту «Минское замчище. Юго-восточная часть. Национальный историко-археологический центр», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 3,8 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 47» предложения по повышению энергоэффективности жилых зданий использованы при выполнении х/д № 1258/09б от 06.03.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и КУП «Могилевского областного управления капстроительства» Могилевского облисполкома по теме «Энергоэффективный 1-квартирный жилой дом с деревянными каркасными стенами», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 23 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» конструктивные элементы сварочной горелки, повышающие эффективность защиты сварочной ванны в условиях возмущающих воздушных потоков, оптимизированные параметры формирования сварного соединения использованы при выполнении х/д № 1289/09с от 06.04.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и ОА «Строймаш» Минстройархитектуры по теме «Анализ и исследование технологических параметров сварки и адаптация к производственным конструкциям; оценка дефектности сварных швов, разработка технологической инструкции (WPS) и отчетов (WPAR), экспертная оценка и аттестация технологии сварки в соответствии с СТБ ЕН 288-3, оформление и согласование результатов квалификации», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 2,195 млн. руб.; при выполнении х/д № 1495/09с от 20.04.2009 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и ОАО «Минский домостроительный комбинат» Минстройархитектуры по теме «Экспертная оценка квалификации; анализ, исследование и оценка

дефектообразования сварных аттестационных образцов, и аттестация сварщиков металлоконструкций в количестве четырех человек, аттестация сварщиков трубопроводов в количестве трех человек на объектах поднадзорных Госпромнадзору из сталей н/угл и (или) н/лег (гр. ОМ1, ОМ2)», объем х/д, выполненный с использованием результатов исследований – 1,791 млн. руб.

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 52» лазерная оптическая аппаратура и методическое обеспечение были использованы для анализа компонентного состава технологических материалов на ЗАО «Завод контрольно-измерительной аппаратуры» г. Молодечно (письмо от 10.12.2009 № 189-1), объем, выполненный с использованием результатов исследований – 0,5 млн. руб.; на УП «Белспецремонт», г. Минск (письмо от 02.12.2009, № 106), объем, выполненный с использованием результатов исследований – 1,56 млн. руб.

3.6.2. Использовано в производственном процессе, его обслуживании и управлении, переданы права использования результатов НИОК(Т)Р, всего – 12:

❖ Разработанные по заданию «Строительство и архитектура 23» составы керамических масс и технологические режимы, позволяющие получать на основе глин месторождений «Щебрин» и «Гайдуковка» керамические стеновые материалы с улучшенными теплофизическими характеристиками, переданы для практического использования на ОАО «Брестский комбинат строительных материалов» и ОАО «Керамика».

❖ Для разработанной в рамках выполнения задания «Строительство и архитектура 37» методики расчета напряженно-деформированного состояния составных тонкостенных конструкций, состоящих из системы сопряженных цилиндрических панелей, учитывающей варианты подкрепляющих элементов и возможные условия их сопряжения, научно-исследовательским сектором ООО «Архитектурно-строительная компания «Китеж» (С. Петербург, Российская Федерация) в июне 2009 г. проведена оценка возможности ее применения и выдана справка от 01.06.2009 о возможном практическом использовании результатов исследования в транспортном и промышленном строительстве. В июле 2009 г. ЗАО НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект» и ИСК ООО «ЛенСпецСтрой» (С. Петербург, Российская Федерация) осуществили внедрение указанной методики в технологические процессы для расчета прочности конструкций, увеличения их прочностных характеристик путем выбора подкрепляющих элементов и способа их соединения (акт о внедрении от 14.07.2009, акт о внедрении от 23.07.2009).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства на объекте «Ледовая арена в г. Новолукомле Витебской области» (письмо и акт о внедрении РУП «БелГПИ» Минстройархитектуры от 1264 № 1264).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства на объекте «Здание кафе со стоянкой автотранспорта на 50 мест на автодороге Брест-Минск в Березовском районе Брестской области» (акт о внедрении ГУ ПИП «Институт Брестройпроект»).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства на объектах: «Летний амфитеатр «Славянского базара» в г. Витебске», «Ледовая арена в г. Лепеле Витебской области», «Ледовая арена в г. Глубокое Витебской области» (письмо и акт о внедрении ОГУПП «Витебскгражданпроект» Минстройархитектуры от 26.09.2009г. № 01-2921).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства на объектах: «Спортивный корпус ДЮСШ № 2 в г. Калинковичи», «Спортивный зал пристройки СШ № 1 г. Калинковичи» (письмо и акт о внедрении ОАО «Институт Гомельпроект» Минстройархитектуры от 28.08.2009 № 15/626-С).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства на объектах: «Летний театр в парке культуры и отдыха в г. Бресте», «Ледовая арена на 800 мест в г. Пружаны Брестской области», Театр кукол по ул. Ленина, 56 в г. Бресте», «Дворец водных видов спорта с областным диспансером спортивной медицины по ул. Московской в г. Бресте», «Летний театр в парке г. Кобрин», «Ледовая арена на 800 мест в г. Кобрине Брестской области» (письмо и акт о внедрении ОАО «Брестпроект» Минстройархитектуры от 19.08.2009 № 02/3295).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства на объекте

«Реконструкция существующего ледового катка с устройством покрытия по ул. Головацкого в г. Гомеле» (письмо ОКУП «Институт Гомельгражданпроект» Минстройархитектуры от 21.08.2009 №08-10/3724).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства многофункциональной спортивно-зрелищной арены с трибунами на 15000 зрителей МКСК «Минск-Арена» в г. Минске для покрытия универсального спортивного зала размером 24x42 м. и козырька главного входа в здание арены (письмо РПУП «Белгоспроект» Минстройархитектуры от 27.08.2009 № 01/2831).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства на объектах: «Универсальный спортивный комплекс для игровых видов спорта по проспекту Я. Купалы в г. Гродно», «Ледовый дворец на 800 мест в г. Сморгони» (письмо ОУПП «Институт Гродногражданпроект» Минстройархитектуры от 24.08.2009 № 5393).

❖ Разработанная по заданию «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» внедрена в практику проектирования и строительства на объектах: «Навес над западной трибуной стадиона «Спартак» в г. Могилеве, «Учебно-лабораторный корпус Белорусско-Российского университета в г. Могилеве» (акт о внедрении ОАО «Могилевгражданпроект» Минстройархитектуры от 20.08.2009).

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» технологические процессы упрочнения с использованием разработанных порошковых насыщающих сред для карбонизации применены для упрочнения дереворежущего инструмента. Производственные испытания проведены на механических участках ООО «Номинал», г. Молодечно (акт испытаний от 08.09.2009); и на ООО «Лазурит», г. Молодечно (акт испытаний от 06.10.2009). Результатами испытаний установлено, что упрочненные изделия имеют более высокую износостойкость и срок их эксплуатации увеличивается в 2-2,5 раза.

3.6.3. Сведения о полученном экономическом эффекте от внедрения разработки, созданной с использованием научных результатов, полученных при выполнении задания программы за отчетный период, всего – 9, на сумму 5000,0 млн. руб.:

❖ В рамках задания «Строительство и архитектура 40» разработана новая металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» и внедрена в строительные проекты на 19 объектах Республики Беларусь (10 объектов построены) и одном объекте Российской Федерации. Разработанная в ходе исследований конструкция системы «БрГТУ» является эффективным типом пространственной конструкции. Она позволяет перекрывать сооружения пролетом более 120 м с различными очертаниями в плане, обладает большой надежностью в работе и высокой несущей способностью и пригодно для восприятия нагрузок свыше 300 кг/м² при пролетах до 100 м. Применение новой структурной конструкции системы «БрГТУ» позволило сократить расход стали до 20 %, уменьшить трудозатраты на строительной площадке до 25 %, сократить сроки возведения 1,5 раза и снизить стоимость строительства до 15 %. Экономический эффект от применения разработки на объектах строительства (см. п.3.6.2) составил 5,0 млрд. руб.

3.6.4. Сведения о полученном экологическом, социальном эффекте от внедрения разработки, созданной с использованием научных результатов, полученных при выполнении задания программы за отчетный период, всего (ед.) – 2:

❖ Получен социальный и экологический эффект от внедрения разработок по заданию «Строительство и архитектура 06» за счет применения методики расчета температурных полей на объектах РУПП «Гранит» и УП «Ремид».

❖ В ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 52» разработан лазерно-спектроскопический метод определения эффективности фильтров для текущего мониторинга загрязнения биосистемы хлоридами и другими токсичными элементами и тяжелыми металлами.

3.6.5. 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;

– другое – нет.

Сведения об использовании (предложениях по использованию) полученных по заданию программы результатов (указать шифр задания, результат) 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 – 4:

❖ Результаты исследований в рамках задания «Строительство и архитектура 23» по влиянию структуры и фазового состава исходного сырья на морозостойкость стеновой керамики использованы при выполнении ФФ 27-054 «Установление физико-химических закономерностей и технологических режимов получения архитектурно-строительной керамики на основе сырья Республики Беларусь» (01.04.2007-31.03.2009).

❖ Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 36» методология, технология и методы математического и компьютерного объектно-ориентированного моделирования нелинейных систем деформируемых твердых тел, позволяющие учитывать особенности структуры и свойств строительных объектов как единой системы на стадии проектирования и тем самым повысить надежность строительного сооружения и оптимизировать его себестоимость, были использованы в задании 7.21 ГНТП «Строительные материалы и технологии» договора № 7-БФН/08.

❖ Полученные по заданию программы «Строительство и архитектура 46» результаты использованы при выполнении инновационного проекта (заказчик – Министерство спорта и туризма Республики Беларусь) «Разработать программы и методики использования историко-культурного наследия и определить локальные историко-культурные территории для развития туризма в Беларуси». В результате выполнения инновационного проекта собраны материалы по архитектурному наследию малых городов, бывших местечек исторических сел всех шести областей Беларуси, даны методические рекомендации по использованию архитектурного наследия, созданы карты локальных историко-культурных территорий с указанием центров материальной и духовной культуры (59 карт). Составлены базы данных памятников архитектуры для использования их при разработке туристских маршрутов. Получены 3 акта внедрения научных разработок и материалов.

❖ В развитие исследований по заданию «Строительство и архитектура 52» – предложено подготовить задание для включения в ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь на 2011-2012 гг. (протокол совещания МЧС и ИФ НАН Беларуси по перспективным направлениям научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в сфере защиты от чрезвычайных ситуаций от 04.02.2009; проект задания «Разработать мобильную лазерную систему тестирования компонентного состава и мониторинга текущего состояния строительных материалов и конструкций» подготовлен и проходит рассмотрение в МЧС Республики Беларусь.

Сведения о выполнении международных научно-исследовательских проектов – 7, на сумму 31 млн. руб.

❖ Подписано трехстороннее соглашение между БНТУ, ИТМО им. А.В.Лькова и институтом строительных материалов Венского технического университета о сотрудничестве в области исследования и применения нанотехнологий при производстве строительных материалов.

❖ В рамках исследований по заданию «Строительство и архитектуры 46» выполняется проект «Историко-культурные связи Волынского Полесья и западных регионов Беларуси» (НИР, № Г09К-088, 15.04.2009-31.03.2011, организация-соисполнитель Институт народоведения НАН Украины, страна-соисполнитель Украина). Объемы финансирования, привлеченные за отчетный период по международным проектам, включая гранты физическим лицам, в развитие работ, проведенных в рамках задания «Строительство и архитектуры 46» – 14 млн. руб.

❖ В рамках задания «Строительство и архитектура 49» выполняется договор от 05.05.2009 о научно-техническом сотрудничестве в области получения перспективных материалов между УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины» Минобразования (Проблемная НИЛ перспективных материалов) и Институтом низких температур и структурных исследований имени В. Тжебелятовского ПАН (г. Вроцлав, Республика Польша).

❖ В рамках задания «Строительство и архитектура 49» выполняется договор от 14.05.2009 о научно-техническом сотрудничестве в области разработки и исследования свойств нанорастворов и наноматериалов между УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины» (Проблемная НИЛ перспективных материалов) и Киевским национальным университетом технологий и дизайна.

❖ В рамках задания «Строительство и архитектура 49» выполняется договор о научно-техническом сотрудничестве № 558 от 24.11.2009 в области синтеза и изучения функциональных материалов, изучения золь-гелей на различных основах, предназначенных для применения в различных отраслях науки и техники, в том числе и в области использования золь-гель метода синтеза этих материалов, между УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины» Минобразования и Таврическим национальным университетом им. В.И. Вернадского Министерства образования и науки Украины.

❖ По заданию «Строительство и архитектура 52» в рамках сотрудничества с Университетом г. Бари (Италия) выполняется совместный проект БРФФИ «Разработка и обоснование эффективности использования в аналитической практике комбинированных лазерно-искровых режимов плазменных образований и лазерно-индуцированной флуоресценции» по договору № Ф08МС-008 от 01.04.2008 (2008-2010 гг.), объем финансирования в 2009 г. – 14,6 млн. руб.;

❖ Выделен грант физическому лицу в размере 580 Евро (2,4 млн. руб.) (Австрия) для участия и представления доклада по теме задания «Строительство и архитектура 52» на международной конференции Euroanalysis 2009, Иннсбрук, Австрия, 6-10 сентября 2009 г.

Сведения о подтвержденных фактах заинтересованности результатами выполнения заданий программы (письма организаций, акты внедрения (передачи), справки о внедрении, акты испытаний приведены в Приложении 3):

❖ Разработанные по заданию «Строительство и архитектура 23» составы керамических масс нашли заинтересованность со стороны ОАО «Брестский комбинат строительных материалов» (письмо от 30.12.2009 № 348/24) и ОАО «Керамика» (письмо от 04.01.2010 № 2).

❖ В результатах исследования по заданию «Строительство и архитектура 46» заинтересован Белорусский государственный музей народной архитектуры и быта (письмо от 26.06.2009 № 01-15/273).

❖ В результатах исследований заинтересован ряд предприятий Республики Беларусь, выпускающих керамический кирпич (ОАО «Керамика», г. Витебск, ОАО «Минский завод строительных материалов»), а также Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Беларусь. Разработанные керамические материалы оптимальных составов планируется апробировать на вышеуказанных предприятиях, после чего будет определен пользователь научной продукции. Изготовлены опытные образцы керамических изделий для теплоизоляции печей сопротивления и переданы на испытания в условиях термического цеха № 1 РУП «Гомельский завод самоходных комбайнов «Гомсельмаш». Для предприятия ОАО «Керамика» (г. Витебск) представляют интерес разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 50» термостойкие кладочные материалы (керамический кирпич и кладочный мертель) на основе тугоплавких и легкоплавких глин Республики Беларусь, в том числе легкоплавкой глины месторождения «Осетки». Предприятие выражает готовность в 2010 году оказать техническую помощь в согласовании технической документации на материалы и выпуске опытной партии термостойкого кирпича и мертеля из разработанных составов шихтовых композиций для проведения их дальнейших испытаний в условиях эксплуатации (письмо от 30.10.2009 № 2184). НИИ ПБ и ЧС МЧС Республики Беларусь изъявляет готовность принять участие в испытании разработанных материалов и кладочных композиций непосредственно на объекте, дать заключение о целесообразности их применения, выдать рекомендации по разработке необходимой технической и нормативной документации с целью организации производства материалов для кладки печей в Республике Беларусь (письмо от 10.12.2009 № 52/7-11/890).

❖ В результатах исследования физико-химических и металлургических процессов механизированной сварки в защитных газах в условиях ветровых нагрузок и разработке рекомендаций по расширению применения механизированной сварки в условиях отрицательного влияния сдувающих воздушных потоков (сквозняк, ветер и т.п.) по заданию «Строительство и архитектура 51» заинтересовано РУП «Белорусский металлургический завод» для успешного выполнения ремонтно-восстановительных работ металлургического оборудования и металлоконструкций (письмо от 23.09.2009 №13/419).

Заключенные контракты, соглашения, договора без финансирования – 4:

❖ Разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 05» комплексный метод оценки прочности бетона используется при выполнении х/д № 7920 от 19.02.2008 между Белорусским национальным техническим университетом Минобразования и ОАО

«Минскпромстрой» Минстройархитектуры по теме «Разработка системы неразрушающего контроля показателей качества бетона монолитных конструкций в раннем возрасте на объектах ОАО «Минскпромстрой» (научное сопровождение – без финансирования).

❖ По заданию «Строительство и архитектура 51» Белорусским национальным техническим университетом Минобразования заключены 3 соглашения о научно-техническом сотрудничестве по тематике исследования физико-химических и металлургических процессов механизированной сварки в защитных газах в условиях ветровых нагрузок и разработке рекомендаций по сварке на открытых площадках:

с филиалом «Энергоремонт» РУП «Могилевэнерго» Министерства энергетики Республики Беларусь (соглашение от 03.06.2009 №2/09);

с ОАО «Центроэнергомонтаж» Министерства энергетики Республики Беларусь (соглашение от 02.06.2009 №1/09);

с ГОУП «Гроднооблсельстрой» Минстройархитектуры (соглашение от 12.10.2009 №3/09);

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

Из числа исполнителей задания программы:

– количество защищенных докторских диссертаций – нет;

– количество защищенных кандидатских диссертаций – 1;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – Шалобыта Н.Н., диссертация на соискание степени кандидата технических наук на тему «Напряженно-деформированное состояние и методика расчета на прочность узлов новой металлической структурной конструкции типа «БрГТУ» по специальности 05.23.01 «Строительные конструкции здания и сооружения», научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И.;

– количество защищенных магистерских диссертаций – нет;

Под руководством исполнителей задания:

– количество защищенных докторских диссертаций – 1;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 06» – Пилипенко В.М., диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Организационно-технологические принципы комплексной реконструкции индустриальной жилой застройки» по специальности 05.23.08 «Технология и организация строительства», 05.23.03 «Теплогазоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», научный консультант акад. НАН Беларуси Хрусталева Б.М.;

– количество защищенных кандидатских диссертаций – 3;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 16» – Гречанников А.В., диссертация на соискание степени кандидата технических наук по теме «Комплексная утилизация неорганических отходов водонасосных станций и теплоэлектроцентралей» по специальности 25.00.36 «Геоэкология», научные руководители: д-р техн. наук Ковчур С.Г., канд. хим. наук Платонов А.П.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 29» – Семененко Д.В., диссертация на соискание степени кандидата технических наук по теме «Особенности движения мелющих тел в барабане планетарной мельницы и их влияние на эффективность диспергирования» по специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий», руководитель канд. техн. наук Вайтехович П.Е.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 46» – Маликов Е.Р., диссертация на соискание степени кандидата искусствоведения «Декоративная архитектурная резьба в народном зодчестве юго-восточных районов Беларуси (конец 19 – первая половина 20 в)» по специальности 17.00.04 «Изобразительное и декоративно-прикладное искусство и архитектура», научный руководитель д-р архитектуры Локотко А.И.;

– количество защищенных магистерских диссертаций – 17

❖ по заданию «Строительство и архитектура 08» – Питиримов В.В., магистерская диссертация по теме «Тепло- и массообмен в дымовых трубах при сжигании твердого, газообразного и жидкого топлива» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель канд. техн. наук Сизов В.Д.;

❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – Летова Н.И., магистерская диссертация по теме «Архитектурная выразительность энергоактивных зданий» по специальности 1-69 01 01 «Архитектура», научный руководитель Реутская И.П.;

- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – Кучухидзе Н.П., магистерская диссертация по теме «Архитектурные решения энергоэффективного малоэтажного жилого дома» по специальности 1-69 01 01 «Архитектура», научный руководитель д-р архитектуры Аладов В.Н.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – Чэнь Хао, магистерская диссертация по теме «Энергоэффективная архитектура многоквартирных жилых зданий в условиях Китая» по специальности 1-69 01 01 «Архитектура», научный руководитель Реутская И.П.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 09» – Доротко О.Ф., магистерская диссертация по теме «Экологичность и энергоэффективность многоквартирных жилых зданий» по специальности 1-69 01 01 «Архитектура», научный руководитель Реутская И.П.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 47» – Абу Хаййех Хамиса, магистерская диссертация по теме «Архитектура индивидуального жилого дома для Королевства Иордания» по специальности 1-69 01 01 «Архитектура», научный руководитель Рак Т.А.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 10» – Верещако А.В., магистерская диссертация по теме «Исследование напряженно-деформированного состояния оболочек, находящихся в эксплуатации на потенциально опасных объектах» по специальности 1-38 80 06 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», научный руководитель д-р физ.-мат. наук Василевич Ю.В.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 10» – Никитенко Д.М., магистерская диссертация по теме «Методы расчета остаточного ресурса сосудов, работающих под давлением» по специальности 1-38 80 06 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», научный руководитель д-р физ.-мат. наук Василевич Ю.В.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 10» – Титко Д.Н., магистерская диссертация по теме «Оценка работоспособности деталей трубопроводов» по специальности 1-38 80 06 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», научный руководитель д-р физ.-мат. наук Василевич Ю.В.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 15» – Бобрик О.И., магистерская диссертация по теме «Применение химических добавок для целенаправленного регулирования свойств цементного бетона» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель канд. хим. наук Юхневский П.И.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 20» – Дмитриева А.В., магистерская диссертация по теме «Статистическая обработка и районирование метеорологических данных» по специальности 1-40 80 04 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», научный руководитель канд. техн. наук Дереченник С.С.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 29» – Дорогокупец А.С., магистерская диссертация по теме «Исследование процесса разделения измельчаемого материала в воздушных сепараторах в комплексе с валковой мельницей» по специальности 1-36 80 06 «Машины, агрегаты и процессы (химическое и нефтехимическое производство)», научный руководитель канд. техн. наук Вайтехович П.Е.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 36» – Прокопенко Д.В., магистерская диссертация на тему «Компьютерный анализ деформаций грунтовых оснований фундаментов из коробчатых плит» по специальности 1-31 80 09 «Прикладная математика и информатика», научный руководитель д-р техн. наук Быховцев В.Е.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – Замбжицким А.Ю., магистерская диссертация по теме «Основное напряженно-деформированное состояние тонкостенной гофрированной цилиндрической панели, лежащей на упругом основании» по специальности «Механика деформируемого твердого тела», научный руководитель д-р физ.-мат. наук Михасев Г.И.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 38» – Белый Н.В., магистерская диссертация по теме «Несущая способность железобетонных плит для покрытий автомобильных дорог» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель д-р техн. наук Семенюк С.Д.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – Морилова Н.Л., магистерская диссертация на тему «Исследование структурных систем большепролетных зданий и сооружений» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 41» – Дроневиц А.Ю., магистерская диссертация по теме «Особенности работы свай в сложных инженерно-геологических условиях» по специальности 1-70 80 01 «Строительство», научный руководитель д-р техн. наук Пойта П.С.;

Из числа исполнителей задания программы:

- количество подготовленных к защите докторских диссертаций – 1;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 29» – Вайтехович П.Е. диссертация на соискание степени доктора технических наук по теме «Процессы эффективного измельчения материалов в агрегатах с инерционным воздействием на разрушаемый материал» по специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий»;
- количество подготовленных к защите кандидатских диссертаций – 2;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 30» – Новиков В.Е., диссертация на соискание степени кандидата технических наук по теме «Прочность и деформативность сталежелезобетонных конструкций» по специальности 05.23.01 «Строительные конструкции здания и сооружения», научный руководитель канд. техн. наук Мартынов Ю.С.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 37» – Никонова Т.В., диссертация на соискание степени кандидата физико-математических наук по теме «Напряженно-деформированное состояние и устойчивость тонких цилиндрических и гофрированных оболочек на упругом основании» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела», научный руководитель д-р физ.-мат. наук Михасев Г.И.;
- количество подготовленных к защите магистерских диссертаций – нет.

Под руководством исполнителей задания:

- количество подготовленных к защите докторских диссертаций – нет;
- количество подготовленных к защите кандидатских диссертаций – 4;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 40» – Шурин А.Б., диссертация на соискание степени кандидата технических наук по теме «Действительная работа 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 «Строительство и архитектура 40» – Люстибер В.В., диссертация на соискание степени кандидата технических наук по теме «Новая пространственная стержневая конструкция: теоретические и экспериментальные исследования, особенности конструирования и расчета» по специальности 05.23.01 «Строительные конструкции здания и сооружения», научный руководитель канд. техн. наук Драган В.И.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 50» – Климашевская О. А., диссертация на соискание степени кандидата технических наук по теме «Керамические материалы строительного и технического назначения на основе каолинов Республики Беларусь» по специальности 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», научный руководитель канд. техн. наук Дятлова Е.М.;
- ❖ по заданию «Строительство и архитектура 54» – Бадеев В.А., диссертация на соискание степени кандидата технических наук по теме «Ближнеполюсная микроволновая реконструкция изображений внутренней структуры неоднородных диэлектрических тел в радиолокаторах с линейной и круговой схемой сканирования» по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», научный руководитель д-р техн. наук Михнев В.А.;
- количество подготовленных к защите магистерских диссертаций – нет.

Результаты выполнения заданий программы использовались для совершенствования учебного процесса в высшей школе (акты внедрения в учебный процесс приведены в Приложении 4):

– Результаты исследований по заданию «Строительство и архитектура 05» использованы по кафедре «Технология строительного производства» БНТУ в курсе лекций и практических занятий по дисциплине «Метрология и контроль качества в строительстве», раздел «Акустические методы контроля конструкционных материалов» для специальности «Промышленное и гражданское строительство».

– Результаты исследований по заданию «Строительство и архитектура 06», использовались в курсе лекций по дисциплине «Тепломассообмен» кафедрой «Теплогасоснабжение и вентиляция» БНТУ для студентов специальности «Теплогасоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» (акт о внедрении от 31.12.2009).

– Разработанные в рамках задания программы «Строительство и архитектура 09» теория экологической безопасности в архитектурной среде жилых зданий, методика использования приемов модификации архитектурного объема при проектировании реконструкции многоквартирных зданий пути повышения энергоэффективности жилых домов путем определения оптимальных параметров их формы и рациональных объемно-планировочных решений использованы в курсе лекций «Типология зданий и сооружений», «Теория архитектуры и градостроительства» и «Реконструкция объектов архитектуры» кафедры «Архитектура жилых и общественных зданий» БНТУ (акты о внедрении от 04.01.2010).

– По результатам исследований по заданию «Строительство и архитектура 16» внедрена разработка «Исследование свойств полимерных композиций, полученных из отходов пенополиуретанов» в лекционный курс дисциплины «Санитарно-химическая и токсикологическая экспертиза» для студентов дневного отделения специальности 1-540101-04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)» по теме «Идентификация полимерных материалов при воздействии растворителей» УО «ВГТУ» (акт о внедрении 01.10.2009).

– По результатам исследований по заданию «Строительство и архитектура 16» внедрена разработка «Исследование свойств полимерных композиционных материалов, полученных из отходов» в лекционный курс дисциплины «Химия полимеров» для студентов дневного отделения специальности 1-360104 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов» по теме «Методы переработки промышленных отходов» УО «ВГТУ» (акт о внедрении 01.10.2009).

– В рамках исследования «Строительство и архитектура 17» выполнена разработка ускорителя твердения бетона и исследован механизм его действия, которая внедрена в лекционный курс «Технология вяжущих материалов и изделий на их основе» УО «ВГТУ» (справка о внедрении от 02.02.2009).

– В рамках выполнения задания «Строительство и архитектура 22» студенткой УО «ВГТУ» Гвоздевич О.Ю. выполнена и защищена дипломная научная работа на тему «Разработка составов полуфриттованных глазурей для декорирования плиток для полов и технологии их получения».

– Изготовленный в ходе исследований по заданию «Строительство и архитектура 29» экспериментальный воздушный динамический роторный сепаратор, работающий в замкнутом цикле с валковой среднеходной мельницей, используется в курсе «Учебно-исследовательская работа студентов», УО «ВГТУ» (справка о внедрении 12.11.2009).

– Разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 36» два унифицированных программных комплекса «Энергия – 2Д-09», «Энергия – ОС-09» с расширенным интерфейсом визуального ввода и вывода данных в числовой и графической форме внедрены в учебный процесс математического факультета УО «Гомельский госуниверситет им. Франциска Скорины».

– Пакет прикладных программ «Расчет тангенциального усилия гофрированной цилиндрической панели в пакете Mathcad», выполняющий численные расчеты для тангенциального усилия, возникающего в срединной поверхности гофрированной панели, наглядно отражающий зависимость этого усилия от исходных данных (физических характеристик среды и самой панели), являющийся результатом выполнения задания «Строительство и архитектура 37», внедрен в работу кафедры прикладной математики и механики УО «ВГУ им. П.М. Машерова» и был использован студентами в процессе выполнения курсовых, дипломных и магистерских работ по предмету «Дополнительные главы механики» (акт о внедрении от 05.01.2009).

– Результаты исследований по заданию «Строительство и архитектура 39» использованы в учебном процессе при чтении курса лекций «Железобетонные конструкции» для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» в УО «БрГТУ» (акт о внедрении от 24.09.2009).

– Результаты исследований по заданию «Строительство и архитектура 41» внедрены в программу лекционного курса «Механика грунтов, основания и фундаменты» для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» УО «БрГТУ» (акт о внедрении от 31.12.2009).

– Результаты конечно-элементного моделирования напряженно-деформированного состояния железобетонных балок с предварительно напряженной полого отогнутой арматурой по заданию «Строительство и архитектура 41» внедрены в курс «Железобетонные конструкции» по

специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» УО «БрГТУ» (акт о внедрении от 09.10.2009).

– Результаты исследований по заданию «Строительство и архитектура 45» вошли в учебное пособие «Метрология и контроль качества в строительстве» для студентов высших учебных заведений по строительным специальностям с грифом «Допущено Министерством образования Республики Беларусь».

– Разработанная в результате исследований по заданию «Строительство и архитектура 47» методика применения энергосберегающих технологий и архитектурных приемов при реконструкции жилых зданий использована в курсовом и дипломном проектировании кафедры «Архитектура жилых и общественных зданий» в апреле-мае 2009 года (акт о внедрении от 14.01.2010). По теме исследований студентами выполнено 3 дипломных проектов:

«Агродорожок в Смолевичском районе», студент Высоцкая О.И.;

«Коттеджный комплекс в г. Бобруйск» студент Гуринович О.В.;

«Туристический комплекс для Белорусского государственного музея народной архитектуры и быта», студент Яндовский Р.В.

Перечень научно-аналитических докладов, заключений на обращения республиканских органов государственного управления, подготовленных с участием организаций-исполнителей по тематике работ в рамках программы – нет.

Сведения о получении (присуждении) наград исполнителями программы за научные результаты, достигнутые при ее выполнении, всего – 4,

из них:

– международная премия – нет;

– государственная премия, премия Совета Министров – 1:

❖ премия Президента Республики Беларусь д-р архитектуры Локотко А.И. (научный руководитель задания «Строительство и архитектура 46») «За духовное возрождение»;

– международная медаль (орден) – нет;

– премия НАН Беларуси – нет;

– премия (награда), учрежденная республиканским органом государственного управления (за исключением НАН Беларуси) – нет;

– прочие – 3

❖ научный руководитель задания «Строительство и архитектура 46» член-корр. НАН Беларуси Локотко А.И. награжден медалью 80 лет НАН Беларуси;

❖ научный руководитель задания «Строительство и архитектура 49» Гайшун В.Е. награжден почетной грамотой НАН Беларуси за плодотворную научно-исследовательскую и изобретательскую деятельность, успешное выполнение заданий государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований.

❖ по заданию «Строительство и архитектура 52» – грамота за лучший доклад «Контроль наличия, состава и толщины противопожарных покрытий методом послыного лазерного микроанализа» (авторы: М.В. Бельков, В.С. Бураков, В.В. Кирис, С.Н. Райков, А.Г. Яцукович, А.П. Денисевич) на 3 Международной научно-технической конференции «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов» (Республика Беларусь, г. Могилев, ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 23-25 сентября 2009 г.).

4. Организация выполнения программы, ее научно-организационное сопровождение

4.1. Контроль со стороны Национальной Академии наук Республики Беларусь осуществляется систематически. В Белорусском национальном техническом университете координационная работа проводится на требуемом уровне: регулярно ведется анализ хода выполнения программы, своевременно осуществляется финансирование работ, проводятся консультации по возникающим научно-организационным вопросам. Деятельность заказчика по научно-организационному сопровождению программы, по контролю за ходом выполнения работ в полном объеме оценивается как плодотворная.

4.2. Ход выполнения программы регулярно анализировался Межотраслевым экспертным советом. Сведения о выполнении ГПОФИ «Строительство и архитектура» в опубликованы в виде брошюры (Государственная программа ориентированных фундаментальных исследований «Строительство и архитектура» (2006-2010 гг.): Анализ итогов третьего года работы: монография / Б.М. Хрусталеv, С.Н. Леонович. – Минск: БНТУ, 2009. – 368 с.) и разосланы в Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Департамент «Белавтодор», руководителям организаций-исполнителей работ.

4.3. В 2009 г. выполнялись соглашения о взаимной заинтересованности с Госстандартом Республики Беларусь, Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь, Департаментом «Белавтодор», ОАО «Минскпромстрой» в использовании результатов ГПОФИ «Строительство и архитектура».

4.4. Состав научного совета по ГПОФИ «Строительство и архитектура» утвержден 05.05.2006 Первым заместителем Министра образования Республики Беларусь Жуком А.И. и Постановлением Президиума Национальной академии наук Беларуси от 17.05.2006 № 41. В состав совета вошли ведущие ученые Республики Беларусь и представители Министерств и ведомств в области строительства и строительных материалов. Всего в составе совета 18 членов, из них 5 – в бюро научного совета.

В 2009 г. состоялось заседание научного совета ГПОФИ «Строительство и архитектура» по рассмотрению плана работ по программе на 2010 г.

На заседании 21.10.2009 научный совет рассмотрел заявку на конкурс для включения в план работ ГПОФИ «Строительство и архитектура» на 2010 г. Решено рекомендовать межведомственному экспертному совету включить проект «Оценка кинетики миграции тяжелых металлов из структуры дорожно-строительных материалов, содержащих техногенные отходы» (Белорусский национальный технический университет, научный руководитель д-р техн. наук Бусел А.В.) в план работ ГПОФИ «Строительство и архитектура» на 2010 г. Проект задания имеет как научную, так и практическую значимость, так как шлаки Белорусского металлургического завода, отходы отработанных формовочных смесей литейного производства, твердые отходы, образующиеся после очистки сточных вод, которые содержат значительные количества разнообразных тяжелых металлов, широко используются для производства дорожно-строительных материалов. Эксплуатация дорожных покрытий, содержащих техногенные отходы, приводит к дополнительному загрязнению почв и водоемов тяжелыми металлами, мигрирующими из слоев дорожной одежды, что приводит не только к негативным экологическим последствиям, но и проникновению тяжелых металлов в корма и продукты питания. Новые экспрессные, дешевые и доступные методики определения количеств мигрирующих в окружающую среду тяжелых металлов из строительных материалов, содержащих техногенные отходы, необходимы предприятиям, производящим дорожно-строительные материалы, а также дорожным испытательным лабораториям. Правильная и своевременная оценка экологической безопасности дорожно-строительных материалов без проведения эксплуатационных испытаний в натурных условиях имеет большое экономическое значение, так как позволит значительно сократить время и затраты выполнение экспериментальных работ. Планируется оценивать скорость миграции на основе кондуктометрического метода, а также метода измерения диэлектрической проницаемости в жидких средах. Новая методика позволит дорожно-строительным организациям исключить применение экологически опасных материалов.

Внесены изменения в план работ на 2010 г. – продлены сроки работ до 2010 г.:

– по заданию «Строительство и архитектура 08» «Разработка термогидроаэродинамических основ создания стыковых сопряжений при строительстве и реконструкции жилых и общественных зданий» (БНТУ) в связи с необходимостью проведения дополнительных экспериментальных исследований, разработки рекомендаций по применению стыковых сопряжений для герметизации стеновых элементов крупнопанельных зданий;

– по заданию «Строительство и архитектура 40» «Разработка методов расчета напряженно-деформированного состояния сложных стальных и сталежелезобетонных конструкций при нестационарных силовых и несиловых воздействиях» (УО «Брестский государственный технический университет) для проведения дополнительных исследований и в связи с большой практической значимостью применения новых конструктивных инженерных систем для большепролетных сооружений с учетом природных и социально-экономических условий Республики Беларусь.

Бюро научного совета в процессе своей деятельности готовило информацию в Управление научно-организационной и информационно-аналитической работы аппарата НАН Беларуси по всем вопросам, возникающим в ходе выполнения заданий программы.

4.5. Сведения об организации за отчетный период научно-практических мероприятий (совещаний, научных (научно-технических) конференций, семинаров, школ и других) по проблемам, разрабатываемым в рамках заданий программы.

04.03.2009 в Белорусском национальном техническом университете состоялось заседание координационного совета по Государственной комплексной целевой научно-технической программе «Материалы» совместно с ГПОФИ «Строительство и архитектура» под председательством Первого заместителя Премьер-министра Республики Беларусь Семашко В.И. Отмечено, что разрабатываемые в проектах ГПОФИ «Строительство и архитектура» (2006-2010 гг.) новые строительные материалы и конструкции на их основе по своему техническому уровню не уступают лучшим аналогам стран СНГ, в некоторых случаях – стран дальнего зарубежья.

05.05.2009 организован и проведен семинар Минстройархитектуры Республики Беларусь «Технология и эффективность применения химических и минеральных добавок в бетон» (г. Минск, Белстройцентр).

Проведена международная научная конференция «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности», УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Республика Беларусь, 18 ноября 2009 г. Секция 5 «Химия, химическая технология и экология в легкой и текстильной промышленности» (председатель секции – руководитель задания «Строительство и архитектура 16» д-р техн. наук, проф. Ковчур С.Г.).

Руководитель задания «Строительство и архитектура 45» д-р техн. наук, проф. Соломахо В.Л. в апреле 2009 года совместно с председателем Госстандарта Республики Беларусь Корешковым В.Н. и директором РУП БелГИМ Жагорой Н.А. организовали и провели международную научно-техническую конференцию «Метрология и метрологическое обеспечение-2009». В ходе работы конференции были рассмотрены вопросы законодательной и прикладной метрологии, в том числе аспекты измерений эксплуатационных параметров строительных конструкций.

В рамках задания «Строительство и архитектура 45» 20.04.2009 проведен научно-технический семинар «Системы мониторинга и средства контроля характеристик строительных материалов». В работе семинара приняли участие специалисты предприятий строительной отрасли Республики Беларусь и Российской Федерации (ЗАО «Мониторинг-Центр», ООО «Компьютролс» г. Москва). В рамках семинара состоялось обсуждение проблемы со специалистами Главного управления науки Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, отраслевых институтов. По результатам семинара разработана рабочая программа научно-технического сотрудничества между ООО «Мониторинг-Центр» и БНТУ, предполагающая проведение совместных теоретических и экспериментальных работ по разработке и использованию оптоволоконных измерительных преобразователей в системах строительного мониторинга.

Исполнители заданий ГПОФИ «Строительство и архитектура» в 2009 г. принимали участие в работе 51 конференции (семинарах, съездах, симпозиумах, конгрессах и т.д.), из них 37 – международные; исполнители заданий выступили с 149 докладами:

– 73-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов УО «БГТУ», Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 26-31 января 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 22» «Особенности формирования структуры и фазового состава полужитованных глазурей повышенной износостойкости», докладчик Левицкий И.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 23» «Исследование влияния добавок промышленных отходов на процесс поризации и свойства керамического кирпича», докладчик Пищ И.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 29» «Интенсификация и моделирование процессов диспергирования в поле инерционных сил», докладчик Вайтехович П.Е.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 29» «Моделирование движения измельченного материала в сепарационном устройстве среднеходной мельницы», докладчик Францкевич В.С.;

- V mezinárodní vědecko-praktická konference «Moderní vymoženosti vědy–2009», Чехия, г. Прага, 27 января–5 февраля 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 29» «Определение оптимальной частоты вращения размольной тарелки среднеходной мельницы», докладчики: Вайтехович П.Е., Францкевич В.С.;
- «Круглый стол», посвященный научному сопровождению развития национальной культуры, Республики Беларусь, г. Минск, Национальная академия наук Беларуси, Министерство культуры Республики Беларусь, 6 февраля 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 46» «Роль фундаментальных исследований в развитии национальной культуры», докладчик Локотко А.И.;
- Совещание Министреста чрезвычайных ситуаций Республики Беларусь и ГНУ «Институт физики им. Б.И. Степанова» НАН Беларуси по перспективным направлениям научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в сфере защиты от чрезвычайных ситуаций, Республика Беларусь, г. Минск, ГНУ «Институт физики им. Б.И. Степанова» НАН Беларуси, 4 февраля 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 52» «Разработка мобильной лазерно-спектроскопической системы тестирования компонентного состава и мониторинга текущего состояния строительных конструкций, материалов и покрытий», докладчик Райков С.Н.;
- Круглый стол «Организация работ по обеспечению безопасности зданий и сооружений», Республика Беларусь, г. Минск, НИ ПБиЧС Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Беларусь, 25 февраля 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 52» «Мобильный лазерный диагностический комплекс для контроля химического состава материалов строительных конструкций зданий и сооружений», докладчик Райков С.Н.;
- Международная научно-техническая конференция, посвященная 45-летию МРТИ-БГУИР, Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 19 марта 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 20» «Случайная перколяция в неупорядоченной дисперсной структуре типичного композиционного материала», докладчик Дереченник С.С.;
- I Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», Украина, г. Харьков, НТУ «ХПИ», 23–24 марта 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 50» «Получение керамических кладочных материалов с повышенными термическими свойствами», докладчик Парфимович Н.Л.;
- Республиканская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «III Машеровские чтения», Республика Беларусь, г. Витебск, 24–25 марта 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 22» «Износостойкие матовые полуфриттованные глазури», докладчик Гвоздевич О.Ю.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 37» «Основное напряженно-деформированное состояние тонкостенной гофрированной цилиндрической панели, лежащей на упругом основании», докладчики: Замбжицкий А.Ю., Корчевская Е.А.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 37» «Локальная бифуркация слоистой некруговой цилиндрической оболочки при кручении», докладчики Шибут А.С., Корчевская Е.А.;
- 62 Региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов, магистрантов высших учебных заведений с международным участием «Молодежь. Наука. Инновации-2009», Российская Федерация, г. Ярославль, 28–29 марта 2009 г.:
- 7 Международная научно-техническая конференция «Наука – образованию, производству, экономике». Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский национальный технический университет, апрель 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 06» «Методика расчета температурных полей слоев из модулей ячеистой формы с учетом отражательной способности, плотности и величины паропроницаемости», докладчик Акельев В.Д.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 06» «О температурных полях в микромодулях ячеистой структуры», докладчик Золотарев А.Б.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 06» «Радиационный теплообмен в термореставрируемых ограждениях с использованием ограниченных контуров», докладчик Золотарев А.Б.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 06» «Исследования коэффициентов теплопроводности ячеек микромодулей», докладчик Сизова Е.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 07» «Результаты исследований аэродинамических режимов вытяжных систем вентиляции на модели «теплого» чердака жилого дома», докладчик Якимович Д.Д.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 08» «Подбор типов флюидов для заполнения гидротеплопневморегулируемых сопряжений, расчет и анализ их термофизических характеристик», докладчик Сизов В.Д.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 09» «Новая номенклатура квартир для сложных семей», докладчик Аладов В.Н.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 09» «Рациональные объемно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий», докладчик Реутская И.П.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 09» «Стилистические направления в современной белорусской жилищной архитектуре», докладчик Рак Т.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 22» «Износостойкие глазурные покрытия плиток для полов», докладчик Гвоздевич О.Ю.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 24» «Температурные деформации дорожных цементобетонных покрытий», докладчик Бабаскин Ю.Г.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 24» «Новейшие технологии содержания и ремонта автомобильных дорог», докладчик Леонович И.И.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 24» «Анализ скоростных режимов транспортных средств на автомобильных дорогах Республики Беларусь», докладчик Леонович И.И.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 31» «О расчете железобетонных балочных пролетных строений по деформационной модели сечения», докладчик Пастушков Г.П.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 31» «Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния ребристых плит», докладчик Пастушков Г.П.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 31» «Строительство мостов методом надвигки», докладчик Пастушков Г.П.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Алгоритм обработки информации о деформациях строительных конструкций», докладчик Мирошниченко И.Ф.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 47» «Стилистические направления в современной белорусской жилищной архитектуре», докладчик Рак Т.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Особенности процессов формирования сварочной ванны в условиях воздействия многовекторных ветровых потоков», докладчик Писарев В.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Технология упрочнения инструмента и технологической оснастки, используемых при производстве силикатного кирпича», докладчик Басалай И.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Технология упрочнения штампов глубокой вытяжки методом термодиффузионной карбонизации», докладчик Галынская Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Исследование легированных боридных покрытий на углеродистых сталях, полученных из синтезированных порошковых сред», докладчик Протасевич В.Ф.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Интерметаллидные покрытия на сталях», докладчик Протасевич В.Ф.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Получение шихтовых материалов методом CDC-процессов для введения в расплавы черных и цветных металлов», докладчик Петрович С.Н.;

– Международная научно-практическая конференция «Метрология-2009», Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский государственный институт метрологии, 14-15 апреля 2009 г.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 03» «От оценки внутренних напряжений в стальных конструкциях к их измерению», докладчик Венгринович В.Л.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Использование теории образов в системах мониторинга строительных конструкций, докладчик Мирошниченко И.Ф.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Современные датчики со струнными преобразователями для систем строительного мониторинга», докладчик Соломахо В.Л.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Использование тензометрических преобразователей в системах строительного мониторинга», докладчик Соломахо В.Л.;

– Международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», Республика Беларусь, г. Могилев, ГУВПО «Белорусско-Российский университет», 16-17 апреля 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Упругопластическая модель расчета нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов», докладчик Болошенко Ю.Г.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Предпосылки к планированию многофакторного эксперимента по исследованию несущей способности композитного несущего элемента строительных конструкций», докладчик Медведев В.Н.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Теоретические основы расчета бортовых балок ребристых железобетонных перекрытий», докладчик Фролков И.С.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Прочность контакта сборного и монолитного бетона усиленных многпустотных железобетонных плит», докладчик Семенюк С.Д.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 50» «Получение термостойких керамических материалов для кладки бытовых печей», докладчик Какошко Е.С.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 54» «Радиоволновой метод контроля засоленности воды», докладчик Любецкий Н.В.;

– 42-я научно-техническая конференция преподавателей и студентов УО «ВГТУ», Республика Беларусь, г. Витебск, УО «Витебский государственный технологический университет», 23 апреля 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 16» «Новая краска для дорожной разметки с использованием промышленных отходов», докладчик Трутнев А.А.;

– 60-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов, Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 20-25 апреля 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 23» «Керамические массы для получения объемно-окрашенного кирпича», докладчик Свибович А.Н.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 23» «Разработка составов керамических масс для производства лицевого кирпича», докладчик Макейчик Е.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 50» «Получение керамических материалов с повышенными термомеханическими свойствами на основе глин Республики Беларусь», докладчик Парфимович Н.Л.;

– Международная конференция по химии «Основные тенденции развития химии в начале XXI века», посвященная 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева и 80-летию создания химического факультета Санкт-Петербургского университета, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, 21-24 апреля 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 49» «Исследование физико-химических свойств кремнеземсодержащих суспензий», докладчик Гайшун В.Е.;

– X Республиканская студенческая научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии их обработки», Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский национальный технический университет, 28-30 апреля 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 22» «Полуфриттованные матовые глазурные покрытия плиток для полов», докладчик Гвоздевич О.Ю.;

– VII Международная научно-техническая конференция «Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин», Республика Беларусь, г. Новополоцк, УО «Полоцкий государственный университет», 29-30 апреля 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Интеллектуальные датчики для систем мониторинга сложных технических объектов», докладчик Шапарь В.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Анализ источников погрешностей мультисенсорных весоизмерительных систем», докладчик Скачек А.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Доминирующие факторы, определяющие уровень дефектообразований при сварке в защитных газах на открытых площадках», докладчик Пантелеенко Ф.И.;

– Международная научно-практическая конференция «Новые материалы и технологии для проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог СНГ», Российская Федерация, г. Москва, 14-15 мая 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 24» «Система управления транспортными потоками и перспектива их дальнейшего развития», докладчик Леонович И.И.;

– Международный коллоквиум «Проблемы методологии социогуманитарного познания: диалектика и герменевтика», Республика Беларусь, г. Минск, Министерство спорта и туризма Республики Беларусь, УО «Белорусский государственный университет физической культуры», 15 мая 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 46» «Этнологические аспекты изучения культурно-бытовой адаптации мигрантов в сельской и слабо урбанизированной среде Беларуси», докладчик Милюченков С.А.;

– Всеукраинская конференция с международным участием «Химия, физика и технология модифицирования поверхности», Украина, г. Киев, 20-22 мая 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 49» «Использование суспензий на основе пирогенного кремнезема для химико-механической полировки монокристаллического кремния», докладчик Гайшун В.Е.;

– Международная научно-практическая конференция по сварке, защитным покрытиям и инженерии поверхности, 12-й международный симпозиум «Технологии. Оборудование. Качество» в рамках Белорусского промышленного форума, Республика Беларусь, г. Минск, 19-22 мая 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Особенности формирования газовой защиты при MAG – сварке в условиях ветровых потоков на открытых площадках», докладчик Писарев В.А.;

– Международный симпозиум «Перспективные материалы и технологии», Республика Беларусь, г. Витебск, УО «Витебский государственный технологический университет», 25-29 мая 2009г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Повышение эффективности процесса сварки при выполнении монтажных работ в строительстве», докладчик Пантелеенко Ф.И.;

– Международная научно-техническая конференция «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития», Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 27-28 мая 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 04» «Разработка метода контроля готовности сухих строительных смесей», докладчик Стетюкевич Н.И.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 16» «Новая оранжевая краска для разметки автомобильных дорог с использованием отходов промышленных предприятий», докладчик Трутнев А.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 17» «Повышение эксплуатационных свойств бетона путем объемного флюатирования», докладчик Хотянович О.Е.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 22» «Направленное фазообразование – критерий обеспечения требуемых свойств глазурных покрытий», докладчик Баранцева С.Е.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 23» «Получение объемно-окрашенного керамического кирпича с использованием минерального сырья и отходов производства», докладчик Пищ И.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 50» «Получение керамических кладочных материалов с повышенными термомеханическими характеристиками», докладчик Дятлова Е.М.;

– XVI Международный научно-методический семинар, «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Республика Беларусь, г. Брест, УО «Брестский государственный технический университет», 28-30 мая 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 12» «Особенности твердения объемно гидрофобизированных бетонов», докладчик Щукин Г.Л.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 15» «Метод определения дипольных моментов порошкообразных добавок пластификаторов», докладчик Юхневский П.И.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 21» «Применение добавки STG-3 для повышения защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре», докладчик Якубовская О.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 31» «Характерные виды исчерпания ресурса балочных железобетонных пролетных строений и сроки службы элементов мостов», докладчик Пастушков В.Г.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 32» «Сопоставление методов расчета железобетонных элементов при местном срезе по отечественным и зарубежным нормам», докладчики: Тамкович С.Ю., Рак Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 32» «Оценка надежности методов расчета бетонных элементов при местном сжатии по отечественным и зарубежным нормам», докладчик Рак Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 32» «Сопоставление методов расчета бетонных элементов при местном сжатии по отечественным и зарубежным нормам», докладчик Рак Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 32» «Влияние объемного коэффициента фибрового армирования на характер разрушения сталефибробетонных элементов при местном срезе», докладчики: Латыш В.В., Рак Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 32» «Оценка точности методики расчета прочности железобетонных элементов при местном срезе с использованием банка экспериментальных данных», докладчики: Тамкович С.Ю., Рак Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 34» «Метод стержневой аппроксимации: расчетная схема, нелинейный расчет», докладчик Борисевич А.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 34» «Несущая способность, устойчивость и колебания физически нелинейных конструкций», докладчик Сидорович Е.М.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 34» «Оценка вероятности неразрушения статически определимой фермы», докладчик Трепачко В.М.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 34» «Определение вероятности неразрушения статически неопределимой системы», докладчик Трепачко В.М.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «К расчету прочности нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов», докладчик Семенюк С.Д.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Разработка методики проведения экспериментальных исследований влияния геометрических размеров листовой фасонной арматуры КНЭСК на его несущую способность», докладчик Медведев В.Н.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 40» «Опыт проектирования металлической структурной конструкции системы «БрГТУ» на уникальных объектах Республики Беларусь», докладчик Драган В.И.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 40» «Методика расчета на прочность нового узла соединения стержневых элементов металлических структурных конструкций типа «БрГТУ», докладчик Шалобыта Н.Н.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 40» «Работа сжатых стержней системы «БрГТУ» в пределах и за пределами упругих деформаций», докладчик Люстибер В.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 40» «Контроль напряженно-деформированного состояния конструкций большепролетного сооружения летнего амфитеатра в г. Витебске путем измерения их динамических характеристик», докладчик Мигель А.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 40» «Методика расчета большепролетных комбинированных структурных покрытий с податливыми угловыми соединениями», докладчик Шурин А.Б.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 41» «Экспериментальное исследование прочности сталебетонных элементов с ядром из бетона на напрягающем цементе при центральном сжатии», докладчик Бондаренко В.М.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 41» «Эффективные конструкции свайных фундаментов в построечных условиях», докладчики: Пойта П.С., Невейков А.Н.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 41» «Особенности устройства свайных фундаментов из бетонов на напрягающих цементах», докладчик Шведовский П.В.;

- Республиканский семинар «Повышение качества гостиничного обслуживания», Республики Беларусь, г. Минск, 28-29 мая 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 09» «Экологическое проектирование гостиничных зданий», докладчик Реутская И.П.;
- V Международная научно-практическая конференция «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», Республика Беларусь, г. Минск, 9-10 июня 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 49» «Изучение влияния введения в состав связующего неорганических добавок на физико-химические свойства плит теплоизоляционных на основе базальтовых волокон», докладчик Гайшун В.Е.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 49» «Метрологические аспекты обеспечения безопасности жизнедеятельности», докладчик Алешкевич Н.А.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 52» «Экспресс-мониторинг противопожарных покрытий методом послойного лазерного микроанализа», докладчик Райков С.Н.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 52» «Экспрессная лазерная экспертиза химического состава строительных материалов и конструкций», докладчик Райков С.Н.;
- Международный симпозиум «Современные металлические и деревянные конструкции (нормирование, проектирование, строительство)», Республика Беларусь, г. Брест, 15-18 июня 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 40» «Новое направление в конструировании металлических структурных конструкций с высокой несущей способностью и экономической эффективностью», докладчик Драган В.И.;
- Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» (Поликомтриб-2009), Республика Беларусь, г. Гомель, ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого», 22-25 июня 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 48» «Наноструктурные металлоэпоксидные модификаторы для строительных материалов», докладчик Злотников И.И.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 48» «Влияние трения между арматурой и матрицей композита на его прочность и жесткость», докладчик Шимановский А.О.;
- Международная конференция Euroanalysis 2009, Австрия, г. Инсбрук, 6-10 сентября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 52» «Rapid optical emission spectrochemical analysis of chlorine, sulphur and carbon in concrete», докладчик Бельков М.В.;
- Международный экономический форум, Литва, г. Вильнюс, 16-17 сентября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 46» «Народная архитектура в музеях-скансенях Балтии и Беларуси», докладчик Локотко А.И.;
- Международная научно-практическая конференция «Традиции и современное состояние культуры и искусств», Республика Беларусь, г. Минск, ГНУ «Институт искусствоведения, этнографии и фольклора им. К. Крапивы НАН Беларуси», 24-25 сентября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 46» «Традиции и современное состояние культуры и искусств», докладчик Локотко А.И.;
- XVI Международная научная конференция «Путь к взаимности», Польша, г. Белосток, Белорусское общественно-культурное товарищество в Польше, Белостокский университет, 25-26 сентября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 46» «Этнокультурные стереотипы и маркеры адаптации традиционных сельских построек для жизнеобеспечения в ареале белорусско-польских связей», докладчик Милюченков С.А.;
- 3 Международная научно-техническая конференция «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов», Республика Беларусь, г. Могилев, ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 23-25 сентября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 01» «Определение модуля упругости асфальтобетона и бетона методом ударного импульса», докладчик Мацулевич О.В.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 04» «Прибор для оценки готовности строительных растворов», докладчик Стетюкевич Н.И.;
- доклад* в рамках задания «Строительство и архитектура 52» «Экспрессный мониторинг коррозии материала бетонных строительных конструкций», докладчик Райков С.Н.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 52» «Контроль наличия, состава и толщины противопожарных покрытий методом послойного лазерного микроанализа», докладчик Райков С.Н.;

– Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и методы расчета в строительстве», Украина, г. Луцк, Луцкий национальный технический университет, 4-6 октября 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Многopустотные железобетонные плиты, усиленные созданием неразрезности», докладчик Семенюк С.Д.;

– Международная конференция «Прикладная физическая химия и нанохимия», Украина, г. Судак, 10-14 октября 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 49» «Исследование реологических свойств коллоидных суспензий на основе наноразмерного диоксида кремния», докладчик Косенок Я.А.;

– Международная научно-практическая конференция «Практика межрегионального сотрудничества УО «БрГТУ» с университетами Российской Федерации», Республика Беларусь, г. Брест, УО «Белорусский государственный технический университет, 13-15 октября 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 41» «Проблемы и достижения науки и производства в строительной отрасли», докладчик Пойта П.С.;

– Республиканский научно-практический семинар «Актуальные проблемы мебельной отрасли», Республика Беларусь, г. Минск, 15-18 октября 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 09» «Экологические основы архитектуры жилых зданий», докладчик Реутская И.П.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 09» «Проблемы формирования новой типологии квартир для социального жилища», докладчик Аладов В.Н.;

– II Международный симпозиум «Проблемы современного бетона и железобетона», Республика Беларусь, г. Минск, Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие по строительству «Институт БелНИИС», 21-23 октября 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 10» «Моделирование работы на растяжение стальной арматуры класса S500 с конструктивно-технологическими дефектами с использованием комплекса ANSYS», докладчик Василевич Ю.М.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 10» «Исследование предельного состояния растянутых образцов из арматуры класса S500 с конструктивно-технологическими дефектами методами термографии», докладчик Мойсейчик Е.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 15» «Квантово-химические расчеты свойств молекул пластифицирующих добавок С-3 и ЛСТ в зависимости от степени поликонденсации», докладчик Юхневский П.И.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 19» «Моделирование параметров твердения и свойств напрягающего цемента в присутствии добавок-модификаторов», докладчик Филимонова Н.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 24» «Повышение долговечности дорожных цементобетонных покрытий», докладчик Бабаскин Ю.Г.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 31» «Универсальная каркасная система для многоэтажных гаражей», докладчик Пастушков Г.П.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 32» «Влияние масштабного фактора на прочность при местном сжатии элементов из легкого бетона», докладчики: Бондарь В.В., Рак Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 32» «Оценка надежности методов расчета железобетонных элементов при местном срезе по отечественным и европейским нормам», докладчики: Тамкович С.Ю., Рак Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 32» «Методика расчета сталефибробетонных элементов при продавливании (местном срезе)», докладчики: Латыш В.В., Рак Н.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 36» «Исследование деформаций основания винтовой сваи методом компьютерного моделирования», докладчик Быховцев В.Е.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Расчет нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учетом упругопластических характеристик материалов», докладчик Болошенко Ю.Г.;

- Региональная научно-практическая конференция «Новое в расчетах и проектировании строительных конструкций», Российская Федерация, г. Махачкала, 29-30 октября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 48» «Колебания стержня, содержащего элементы из полимерного материала», докладчик Черноус Д.А.;
- VIII Международная научно-техническая конференция «Энерго- и материалосберегающие экологические чистые технологии», Республика Беларусь, г. Гродно, ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси», 29-30 октября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 22» «Получение ресурсосберегающих износостойких глазурных покрытий», докладчик Левицкий А.И.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 23» «Использование отходов сахарного производства в технологии стеновых керамических материалов», докладчик Пищ И.В.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 50» «Термостойкий керамический кирпич на основе природного и техногенного алюмосиликатного сырья Республики Беларусь», докладчик Дятлова Е.М.;
- II Международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2009», Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский национальный технический университет, 12-14 ноября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 01» «Оценка влияния массы изделия на процесс удара при испытаниях бетонов методом динамического индентирования», докладчик Мацулевич О.В.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Подход к обработке информации в системах строительного мониторинга», докладчик Мирошниченко И.Ф.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Топология системы мониторинга с изолированными датчиками», докладчик Мирошниченко И.Ф.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 45» «Аппаратные средства строительного мониторинга», докладчик Соломахо В.Л.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 48» «Анализ зависимости изменения частоты на вибрирующей пластине типа «бабочка» от изменений приложенного давления при помощи программного обеспечения «ANSYS»», докладчик Плескачевский Ю.М.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 54» «Микроволновой метод контроля состава жидкостей в трубопроводе», докладчик Любецкий Н.В.;
- Международная научно-техническая конференция «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности», Республика Беларусь, г. Витебск, УО «Витебский государственный технологический университет», 18 ноября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 16» «Научные основы ресурсосберегающих технологий утилизации неорганических отходов станций обезжелезивания и теплоэлектроцентралей», докладчик Трутнев А.А.;
- Международная научно-техническая конференция «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности», Республика Беларусь, г. Могилев, ГУВПО «Белорусско-Российский университет», 19-20 ноября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Особенности деформирования бетона в условиях малоциклового нагружения», докладчик Болошенко Ю.Г.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Многopустотные железобетонные преднапряженные плиты, изготовленные с применением песков отработанных формовочных смесей», докладчик Семенюк С.Д.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Ваграночные шлаки взамен традиционных заполнителей в бетонах», докладчик Семенюк С.Д.;
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Неразрезность как способ повышения несущей способности железобетонных плит перекрытий и покрытий», докладчик Семенюк С.Д.;
- Международная научно-техническая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 25-27 ноября 2009 г.:
доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 22» «Стекловидные и стеклокристаллические цветные глазурные покрытия», докладчик Левицкий И.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 23» «Использование промышленных отходов в технологии поризованного керамического кирпича», докладчик Пищ И.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 29» «Импортозамещение классифицирующего оборудования в производстве строительных материалов», докладчики: Дорогокупец А.С., Францкевич В.С.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 50» «Термостойкий мертель для кладки печей», докладчик Плышевский С.В.;

– Инновационный форум Беларуси, Российская Федерация, г. Москва, 20-24 ноября 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 19» «Современные технологии в области строительного материаловедения», докладчик Тур В.В.;

– Международная научно-техническая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 25-27 ноября 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 16» «Водно-дисперсионная белая краска для разметки автомобильных дорог», докладчик Трутнев А.А.;

– Научно-практическая конференция «Культурное наследие. Менеджмент. Маркетинг. Их роль в развитии музеев», Республика Беларусь, г. Минск, Министерство культуры Республики Беларусь, Учреждение «Белорусский государственный музей народной архитектуры и быта», 1 декабря 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 46» «Памятники народной архитектуры в современном культурном ландшафте западной части Центральной Беларуси и смежных районах Понеманья (по материалам натурных исследований 2009 г.)», докладчик Милюченков С.А.;

– Международная научно-техническая конференция «Проблемы управления качеством подготовки специалистов в условиях интеграции в международное образовательное пространство», Украина, г. Ровно, Национальный университет водного хозяйства и природоиспользования, 2-3 декабря 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 38» «Опыт организации самостоятельной работы студентов технических специальностей в вузах Республики Беларусь», докладчик Семенюк С.Д.;

– VIII Международная научная конференция «Этносоциальные и конфессиональные процессы в современном обществе», Республика Беларусь г. Гродно, УО «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы», 10-11 декабря 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 46» «Жилая среда и концептуальные направления развития сферы туризма в сельском ландшафте Гродненского Понеманья», докладчик Милюченков С.А.;

– Семинар «Устойчивое развитие малых и средних городов Республики Беларусь», Республика Беларусь, г. Поставы, 20 декабря 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 47» «Современное состояние энергоэффективных зданий и их дальнейшее развитие», докладчик Пинчук С.Г.;

– IV Белорусский конгресс по теоретической и прикладной механике «Механика 2009», Республика Беларусь, НАН Беларуси, 22-24 декабря 2009 г.:

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 10» «Изменение структуры строительной стали при деформации», докладчик Мойсейчик Е.А.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 10» «Теория двойникования деформируемых твердых тел», докладчик Василевич Ю.В.;

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 10» «Теория негомогенной пластичности деформируемых аморфных твердых тел», докладчик Остриков О.М.

доклад в рамках задания «Строительство и архитектура 48» «Анализ гармонического нагружения элементов конструкций из армированных пластиков», докладчик Шимановский А.О.

4.6. Исполнители заданий программы «Строительство и архитектура» в 2009 г. принимали участие в работе 30 выставок, представлено 28 экспонатов, по результатам выставочной деятельности получено 1 бронзовая медаль, 6 дипломов,

в том числе:

международных – 22

– 38-я Триполийская международная выставка, Ливия, г. Триполи, 02-12 апреля 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термомодифицированными покрытиями;

– Международная выставка Вьетнам-ЭКСПО 2009, Вьетнам, г. Ханой, 08-11 апреля 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термомодифицированными покрытиями;

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термомодифицированными покрытиями;

– Белорусская выставка-ярмарка инновационных проектов, Российская Федерация, г. Москва, 21-23 апреля 2009 г.:

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

разработка в рамках задания «Строительство и архитектура 51» «Разработать энергосберегающую технологию и создать опытно-промышленный участок мощностью 1,5 т в год производства синтезированных порошковых сред для упрочнения деталей машин, инструмента и технологической оснастки»;

– Ганноверская международная промышленная ярмарка, Германия, г. Ганновер, 20-24 апреля 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» (*диплом*);

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термомодифицированными покрытиями;

– Международная выставка «Белорусский промышленный форум», 13 международная специализированная выставка «Энерго- и ресурсосбережение», 10 международная выставка «Сварка», Республика Беларусь, г. Минск, 19-22 мая 2009 г.:

экспонат – разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 01» склерометр ИПБ-М;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 22» матовые глазури для декорирования плиток для полов и глазурные покрытия для санитарно-керамических изделий;

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» (*диплом*);

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;

– Международная выставка вооружений и военной техники «MILEX-2009», Республика Беларусь, г. Минск, 19-22 мая 2009 г.:

экспонат – разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 01» склерометр ИПБ-М;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;

экспонат – разработанный с использованием результатов исследований в рамках задания «Строительство и архитектура 54» прибор МИРП-1 (прибор для контроля влажности антенных обтекателей самолетных РЛС);

– Выставка при Международной научно-технической конференции «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития», Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет, 27-28 мая 2009 г.:

экспонат – разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 23» объемно-окрашенный керамический кирпич с использованием минерального сырья и отходов производства;

– Национальная выставка Республики Беларусь, Казахстан, г. Астана, 03-06 июня 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» (*диплом*);

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;

– Национальная выставка Республики Беларусь, Польша, г. Варшава, 24-26 июня 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;

– IX Московский международный салон инноваций и инвестиций, Российская Федерация, г. Москва, 25-29 августа 2009 г.:

экспонат – разработка в рамках задания «Строительство и архитектура 49» пеностекла на основе диоксида кремния (*диплом и бронзовая медаль*);

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;

- IV Национальная выставка Республики Беларусь, Литва, г. Вильнюс, 16-19 сентября 2009 г.:
экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;
- экспонат* – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;
- 3-я Международная научно-техническая выставка «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов», Республика Беларусь, г. Могилев, 23-25 сентября 2009 г.:
экспонат – разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 04» прибор для оценки готовности строительных растворов;
- 8 Московский салон и инноваций и инвестиций, Российская Федерация, г. Москва, 22-25 сентября 2009 г.:
экспонат – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;
- Международная выставка «Инновационная Россия», Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ВК «Ленэкспо», 30 сентября-3 октября 2009 г.:
экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;
- экспонаты* – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;
- Национальная экспозиция Республики Беларусь на международном промышленно-экономическом форуме «Россия единая», Российская Федерация, г. Нижний Новгород, сентябрь-октябрь 2009 г.:
экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 49» неорганическая добавка в состав связующего, применяемого в производстве плит минераловатных теплоизоляционных;
- Международная специализированная выставка-ярмарка «Ваш дом-2009», I Республиканский конкурс «Архитектура Брестчины 2009», Республика Беларусь, г. Брест, Ледовый дворец спорта, 7-9 октября 2009 г.:
экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ» (*диплом*);
- XIV Белорусский энергетический и экологический форум «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро 2009», Республика Беларусь, Республика Беларусь, г. Минск, Футбольный манеж, 13-16 октября 2009 г.:
экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 22» матовые глазури для декорирования плиток для полов и глазурные покрытия для санитарно-керамических изделий;
- экспонат* – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;
- Национальная выставка Республики Беларусь, Российская Федерация, г. Екатеринбург, октябрь 2009 г.:
экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;
- экспонаты* – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;
- Выставка при VIII Международной научно-технической конференции «Энерго- и материалосберегающие экологические чистые технологии», Республика Беларусь, г. Гродно, 29-30 октября 2009 г.:
экспонат – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 23» стеновые керамические материалы с использованием отходов сахарного производства;

– Национальная выставка Республики Беларусь, Российская Федерация, г. Москва, Всероссийский выставочный центр, 21-27 ноября 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

стендовый доклад – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 19» методы моделирования структуры и свойств цементных систем;

стендовый доклад – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 20» концепции и подходы к стохастическому моделированию неупорядоченных моно- и полидисперсных систем, анализу плоских шлифов композиционных материалов, в том числе цементных материалов, с определением их объемных характеристик пористости и гранулометрического состава;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термомодифицированными покрытиями;

– Национальная выставка Республики Беларусь, Туркменистан, г. Ашхабад, 25-27 ноября 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термомодифицированными покрытиями;

– Выставка при Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 25-27 ноября 2009 г.:

экспонаты – разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 23» поризованный керамический кирпич;

республиканских – 8

– Выставка «Дни науки», Республика Беларусь, г. Минск, НАН Беларуси, 22-23 января 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термомодифицированными покрытиями;

экспонат – разработанный с использованием результатов исследований в рамках задания «Строительство и архитектура 54» прибор МИРП-1 (прибор для контроля влажности антенных обтекателей самолетных РЛС);

– Белорусский союз архитекторов, 14-й Республиканский конкурс лучших архитектурных произведений, раздел «Публикация в области архитектуры, градостроительства и дизайна», Республика Беларусь, г. Минск, январь 2009 г.:

экспонат – монография «Архітэктурна Беларусі: нарысы эвалюцыі ва ўсходнеславянскім і еўрапейскім кантэксте. Т.4, кн. 1. Беларускае народнае дойлідства» (автор член-корр. НАН Беларусі А.И. Локотко, задание «Строительство и архитектура 46»), получен **диплом**;

– Выставка новых видов изделий и материалов, разработанных учеными факультета химической технологии и техники Белорусского государственного технологического университета, Республика Беларусь, г. Минск, УО «Белорусский государственный технологический университет», 14-17 апреля 2009 г.:

экспонаты – разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 23» поризованный керамический кирпич;

– Республиканская выставка достижений научных разработок БГТУ 2009, Республика Беларусь, г. Минск, 14-18 апреля 2009 г.:

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 29» модель вертикальной валковой мельницы с динамическим классификатором;

– Кооперационная биржа «IT-решения для промышленности», Республика Беларусь, г. Минск, Межвузовский центр маркетинга НИР УП «Технопарк БНТУ «МЕТОЛИТ», май 2009 г.:

экспонат – разработанный в рамках задания «Строительство и архитектура 20» программный комплекс имитационного моделирования и анализа дисперсной структуры композиционных материалов;

– Выставка «Белпромэкспо», Республика Беларусь, г. Минск, 18-22 мая 2009 г.:

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 17» гексафторсиликаты двухвалентных металлов, комплексная химическая добавка на основе гексафторсиликата магния для бетона;

– Выставка на Республиканском бале выпускников высших учебных заведений, Республика Беларусь, г. Минск, 26 июня 2009 г.:

экспонат – разработанная в рамках задания «Строительство и архитектура 40» металлическая структурная конструкция системы «БрГТУ»;

экспонаты – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 51» 8 образцов оснастки и инструмента (пустото- и пазообразователи, фильеры, пластины пресс-форм, шнеки) с термодиффузионными покрытиями;

– Выставка «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов», г. Могилев, ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 23-25 сентября 2009 г.:

экспонат – разработанные в рамках задания «Строительство и архитектура 04» образец прибора для оценки готовности строительных растворов;

– Выставка, посвященная 80-летию НАН Беларуси, Республика Беларусь, г. Минск, НАН Беларуси (постоянно действующая):

экспонат – макет разработанного в рамках задания «Строительство и архитектура 52» лазерного спектрометра для экспрессного анализа твердотельных материалов;

4.7. В план работ на 2010 г. по итогам конкурсного отбора и заседания Межведомственного экспертного Совета по ГПОФИ «Строительство и архитектура» (от 21.10.2009, протокол № 6) включено задание «Оценка кинетики миграции тяжелых металлов из структуры дорожно-строительных материалов, содержащих техногенные отходы» (Белорусский национальный технический университет, научный руководитель д-р техн. наук Бусел А.В.).

5. Заключение

5.1. Анализ утвержденных целей и заданий ГПОФИ «Строительство и архитектура» на 2006-2010 годы показывает, что они соответствуют целям, задачам и приоритетам социально-экономического развития Республики Беларусь на 2006-2010 годы, определенным пунктами 4,5,6 Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2006-2010 гг., одобренной третьим Всебелорусским народным собранием по разделам создания новейших технологий производства строительных материалов, создания систем и средств измерения, развитию промышленности строительных материалов на основе местных сырьевых ресурсов, наиболее полном обеспечении народного хозяйства в высокоэффективной строительной продукции, сокращении сроков и стоимости строительства, снижении материало- и энергоемкости, повышению качества и конкурентоспособности продукции, обеспечении внутреннего рынка республики строительными материалами (изделиями, конструкциями) отечественного производства, увеличение экспорта строительных материалов и услуг.

Для решения этих задач предусматривается, в частности, совершенствование проектирования и внедрение прогрессивных решений и технологий, разработка новых энергосберегающих технологий. Цели и задачи ГПОФИ «Строительство и архитектура» соответствуют приоритетным направлениям научно-технической деятельности на 2006-2010 годы и приоритетным макротехнологиям, утвержденным Указом Президентом Республики от 06.07.2005 г. № 315 в части пункта 2 «Новые материалы и новые источники энергии» по приоритетной макротехнологии – «Производство строительных материалов». Приоритетные направления фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006-2010 годы, утвержденные Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17.05.2005 г. № 512, включают в себя создание в пункте 1 создание энерго- и ресурсоэкономичных архитектурно-конструктивных систем нового поколения; в подпункте 1.3 – новые строительные материалы, конструкции и технологии, строительная теплофизика; в подпункте 3.14 – новые неорганические и композиционные материалы для дорожного, жилищно-гражданского и промышленного строительства.

5.2. Результаты выполнения ГПОФИ «Строительство и архитектура» способствовали реализации основной функции Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь – осуществлению единой технической политики в строительном комплексе страны с учетом приоритетов, определенных Главой государства и Правительства:

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

Оглавление

1. Введение	3
2. Краткая характеристика заданий программы	3
3. Результаты научных исследований по заданиям программы	14
4. Организация выполнения программы, ее научно-организационное сопровождение	260
5. Заключение	293
ПРИЛОЖЕНИЕ	295

ПРИЛОЖЕНИЯ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

результативности выполнения ГПОФИ «Строительство и архитектура» за 2009 г.

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
1	Количество заданий программы, утвержденных планами работ на отчетный период (без научно-организационного сопровождения), всего	ед.	43	
	Из них:			
1.1	не выполнено в срок	—"	—	
1.2	исключено в установленном порядке	—"	—	
1.3	включено в установленном порядке	—"	2	
1.4	выполняется (на конец отчетного периода)	—"	43	
2	Количество фактически завершенных заданий за отчетный период (без учета научно-организационного сопровождения)	ед.	4	
2.1	Средняя оценка результатов завершенных НИР по критериям новизны, значимости для науки и практики, объективности, доказательности и точности	балл (от 1 до 5)	4	
3	Количество организаций-исполнителей заданий программы в отчетный период, всего	ед.	14	
	В том числе организаций:			
3.1	НАН Беларуси	—"	5	
3.2	Министерства образования	—"	9	
4	Списочная численность исполнителей заданий программы в отчетный период, всего	чел.	268	п. 2 отчета
	а). В том числе:			
4.1	академиков НАН Беларуси	—"	3	
4.2	членов-корреспондентов НАН Беларуси	—"	3	
4.3	докторов наук (без учета академиков и членов-корреспондентов)	—"	32	
4.4	кандидатов наук	—"	87	
4.5	без ученой степени	—"	143	
	из них:			
4.5.1	аспирантов	—"	25	
4.5.2	магистрантов и студентов	—"	14	
	б). Из общей численности (п. 4) исполнителей из организаций:			
4.6	НАН Беларуси	—"	52	
4.7	Министерства образования	—"	216	
5	Объем средств, фактически выделенных на выполнение программы, всего	млн. руб.	1654,898	п. 2 отчета

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
5.1	В том числе: из республиканского бюджета, предназначенного на выполнение программы, всего	—"	1651,398	
5.1.1	из них по каждому органу государственного управления (государственной организации): НАН Беларуси	—"	302,498	
5.1.2	Министерство образования	—"	1348,9	
5.2	из местных бюджетов	—"	—	
5.3	из инновационных фондов республиканских органов государственного управления и государственных организаций	—"	—	
5.4	из собственных средств организаций-исполнителей программы	—"	—	
5.5	прочие средства (с указанием источников)	—"	3,5	Минобразования – 3,5, НАН Беларуси – 0 п. 2 отчета ЗАО «Парад» (г. Минск) выделило 3,5 млн. руб. на исследования по заданию «Строительство и архитектура 53»
6	Объем финансирования, привлеченного к выполнению программы, помимо выделенного из республиканского бюджета в установленном порядке на реализацию программы, всего	млн. руб.	3,5	Минобразования – 3,5, НАН Беларуси – 0 п. 2 отчета ЗАО «Парад» (г. Минск) выделило 3,5 млн. руб. на исследо-

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
				вания по заданию «Строительство и архитектура 53»
7	Отношение объемов привлеченного финансирования и средств республиканского бюджета, выделенного в установленном порядке на реализацию программы	%	0,21	
8	Количество докторских диссертаций, защищенных в ходе выполнения заданий программы, всего	ед.	1	п. 3.10 отчета
8.1	В том числе исполнителями из: НАН Беларуси	—"	—	
8.2	Министерства образования	—"	1	
9	Количество кандидатских диссертаций, защищенных в ходе выполнения заданий программы, всего	ед.	4	п. 3.10 отчета
9.1	В том числе исполнителями из: НАН Беларуси	—"	1	
9.2	Министерства образования	—"	3	
10	Получено охранных документов на объекты промышленной собственности (ОПС) по заданиям программы, всего	ед.	26	п. 3.5 отчета
10.1	а). В том числе: патент на изобретение	—"	11	
10.2	патент на промышленный образец	—"	—	
10.3	патент на полезную модель	—"	15	
10.4	патент на сорт растения (породу животных)	—"	—	
10.5	свидетельство на товарный знак	—"	—	
10.6	свидетельство о регистрации программных средств	—"	—	
10.7	б). Из общего количества (п. 10) получено исполнителями из организаций: НАН Беларуси	—"	4	
10.8	Министерства образования	—"	22	
11	Подано заявок на охранные документы по заданиям программы, всего	ед.	11	Минобразования – 11, НАН Беларуси – 0 п. 3.5 отчета
11.1	В том числе на: патент на изобретение	—"	10	
11.2	патент на промышленный образец	—"	—	

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
11.3	патент на полезную модель	—"	1	
11.4	патент на сорт растения (породу животных)	—"	—	
11.5	свидетельство на товарный знак	—"	—	
12	Заключено лицензионных договоров	ед.	—	
12.1	Заключено договоров об уступке прав на ОПС	—"	—	
13	Опубликовано книжных изданий (монография, справочник, энциклопедия, учебник, учебное пособие, практическое пособие, брошюра, сборник научных трудов), всего	кол-во наим.	11	п. 3.3 отчета, Приложение 1 отчета
13.1	в т.ч. за пределами Беларуси	—"	—	
13.2	а). Из общего количества (п. 13): монографий	—"	2	
13.3	справочных и энциклопедических изданий	—"	1	
13.4	учебников и учебных пособий	—"	7	
13.5	сборников научных трудов	—"	1	
13.6	б). Из общего количества (п. 13) опубликовано исполнителями из организаций: НАН Беларуси	—"		
13.7	Министерства образования	—"		
14	Опубликовано научных статей, препринтов, всего	кол-во наим.	163,2	п. 3.3 отчета, Приложение 1 отчета
14.1	в т.ч. за пределами Беларуси	—"	17	
14.2	Из общего количества (п. 14) опубликовано исполнителями из: НАН Беларуси	—"	11,2	
14.3	Министерства образования	—"	152	
15	Опубликовано тезисов докладов, всего	кол-во наим.	77,2	п. 3.3 отчета, Приложение 1 отчета
15.1	в т.ч. за пределами Беларуси	—"	5	
15.2	Из общего количества (п. 15) опубликовано исполнителями из: НАН Беларуси	—"	11,2	
15.3	Министерства образования	—"	66	
16	Опубликовано статей в энциклопедиях, научно-популярных статей	кол-во наим.	—	
17	Открыто новых научных законов, обосновано новых научных теорий, всего	кол-во наим.	3	п. 3.4, а) отчета

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
17.1	В том числе исполнителями из: НАН Беларуси	—"	—	
17.2	Министерства образования	—"	3	
18	Открыто новых закономерностей, всего	кол-во наим.	37	п. 3.4, а) отчета
18.1	В том числе исполнителями из: НАН Беларуси	—"	4	
18.2	Министерства образования	—"	33	
19	Создано новых методов и методик исследований, всего	кол-во наим.	44	п. 3.4, а) отчета
19.1	В том числе исполнителями из: НАН Беларуси	—"	12	
19.2	Министерства образования	—"	32	
20	Создано объектов новой техники и других разработок (опытных, экспериментальных, лабораторных, промышленных образцов, партий, видов и др.) по заданиям программы, всего	кол-во наим.	47	п. 3.4, а) отчета
20.1	а). В том числе: машин, оборудования, приборов	—"	8	
20.2	материалов, веществ, инструментов	—"	20	
20.3	технологических процессов	—"	3	
20.4	систем, комплексов, АСУ, АБД, САПР	—"	6	
20.5	сортов растений, пород животных, препаратов	—"	—	
20.6	другие объекты новой техники и разработки	—"	10	
20.7	б). Из общего количества (п. 20) создано исполнителями из организаций: НАН Беларуси	—"	6	
20.8	Министерства образования	—"	41	
21	Создано передовых производственных технологий по заданиям программы, всего	кол-во наим.	1	п. 3.4, б) отчета
21.1	а). В том числе: новых в стране	—"	1	
21.2	новых за рубежом	—"	—	
21.3	принципиально новых	—"	—	
21.4	б). Из общего количества (п. 21) создано исполнителями из организаций: НАН Беларуси	—"	—	
21.5	Министерства образования	—"	1	
22	Количество хозяйственных договоров, контрактов, соглашений, выполняемых в отчетном периоде по результатам работ, полученным в рамках заданий программы, всего	ед.	25,6	п. 3.6.1 отчета

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
22.1	В том числе: на проведение последующих НИР, ОКР и ОТР (для зарегистрированных в установленном порядке работ), всего	—"	2	
22.2	по подготовке и постановке инноваций в производстве, всего	—"	4	
22.3	по выпуску вновь освоенной продукции, разработанной организациями-исполнителями заданий программы, всего	—"	2	
22.4	на проведение работ в сфере научного обслуживания, сертификационных и других испытаний продукции, всего	—"	4,6	
22.5	прочие (передача прав использования неохранных результатов, инженерные услуги)	—"	13	
23	Объем выполненных работ по хозяйственным договорам, контрактам, соглашениям за отчетный период по результатам работ, полученным в рамках заданий программы, всего	млн. руб.	404,395	п. 3.6.1 отчета
23.1	Из общего объема (п. 23) выполнено исполнителями из организаций: НАН Беларуси	—"	49,86	
23.2	Министерства образования	—"	354,535	
24	Объем поступлений по хозяйственным договорам, контрактам, соглашениям за отчетный период по результатам, полученным в рамках заданий программы	млн. руб.	404,395	
25	Выполнялось международных проектов, включая гранты физическим лицам, в развитие работ по результатам НИР, проведенных в рамках заданий программы, всего (за исключением проектов БРФФИ и приведенных в п. 22)	ед.	7	п. 3.8 отчета
26	Объемы финансирования, привлеченные за отчетный период по международным проектам, включая гранты физическим лицам, в развитие работ по результатам НИР, проведенных в рамках заданий программы, всего (за исключением проектов БРФФИ и приведенных в п. 22)	млн. руб.	31	п. 3.8 отчета
26.1	Из общего объема (п. 26) привлечено исполнителями из организаций: НАН Беларуси	—"	31	
26.2	Министерства образования	—"	—	
27	Выполнялось без финансирования контрактов, соглашений, договоров	ед.	4	п. 3.9 отчета

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
27.1	с зарубежными странами	—"	—	
27.2	в Республике Беларусь	—"	4	
28	Использовано в производственном процессе, его обслуживании и управлении, переданы права использования результатов НИОК(Т)Р, всего	ед.	12	п. 3.6.2 отчета
28.1	с экономическим эффектом	—"	9	п. 3.6.3 отчета
28.2	с социальным, экологическим эффектом	—"	2	п. 3.6.4 отчета
28.3	Из общего количества (п. 28) использовано исполнителями из организаций: НАН Беларуси	—"	—	
28.4	Министерства образования	—"	12	
29	На основе важнейших результатов выполнения научно-исследовательских работ по заданиям программы в установленном порядке внесено заинтересованным предложений по проведению последующих ОКР и ОТР в рамках государственных отраслевых, региональных научно-технических программ, инновационных проектов и научного обеспечения государственных народнохозяйственных и социальных программ	кол-во проектов	4	п. 3.7 отчета
30	Количество разработанных технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, всего	ед.	—	
30.1	из них: международных и межгосударственных стандартов или изменений к ним	—"	—	
30.2	государственных стандартов или изменений к ним	—"	—	
30.3	технических регламентов или изменений к ним	—"	—	
30.4	технических условий или изменений к ним	—"	—	
30.5	Из общего количества (п. 30) разработано исполнителями из организаций: НАН Беларуси	—"	—	
30.6	Министерства образования	—"	—	
31	Подготовлено проектов нормативных правовых документов	наим.	—	
31.1	из них принято	—"	—	

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
32	Подготовлено методических документов, утвержденных актами республиканских органов государственного управления и организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, или изменений к ним (за исключением данных, включенных в п. 31)	наим.	–	
33	Подготовлено и представлено Правительству (в республиканские органы государственного управления) научно-аналитических докладов с предложениями	наим.	–	
34	Дано заключений на обращения республиканских органов государственного управления	ед.	–	
35	Получено премий, наград за научные достижения, всего	ед.	4	п. 3.13 отчета
	Из них:			
35.1	международная премия	–"	–	
35.2	государственная премия, премия Совета Министров	–"	1	
35.3	международная медаль (орден)	–"	–	
35.4	орден, медаль Республики Беларусь	–"	–	
35.5	премия НАН Беларуси	–"	2	
35.6	премия (награда), учрежденная республиканским органом государственного управления (за исключением НАН Беларуси)	–"	–	
35.7	прочие	–"	3	
	Из общего количества (п. 35) получено исполнителями из организаций:			
35.7	НАН Беларуси	–"	3	
35.8	Министерства образования	–"	1	
36	Организовано научных, научно-технических конференций, семинаров, совещаний, школ в рамках программы	ед.	5	п. 4.5 отчета
37	Получено медалей за участие в международных выставках, всего	ед.	1	п. 4.6 отчета 1 б
	Из общего количества (п. 37) получено исполнителями из организаций:			
37.1	НАН Беларуси	–"	–	
37.2	Министерства образования	–"	1	
38	Получено дипломов за участие в международных выставках, всего	ед.	5	п. 4.6 отчета
	Из общего количества (п. 38) получено исполнителями из организаций:			
38.1	НАН Беларуси	–"	–	
38.2	Министерства образования	–"	5	

№ п.п.	Показатель	Единица измерения	2009 г.	Примечания
39	Получено медалей за участие в республиканских выставках, всего	ед.	–	
	Из общего количества (п. 39) получено исполнителями из организаций:			
39.1	НАН Беларуси	–"	–	
39.2	Министерства образования	–"	–	
40	Получено дипломов за участие в республиканских выставках, всего	ед.	1	
	Из общего количества (п. 40) получено исполнителями из организаций:			
40.1	НАН Беларуси	–"	1	
40.2	Министерства образования	–"	–	

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

эффективности выполнения заданий
ГПОФИ «Строительство и архитектура» в 2009 г.

№ п/п	Показатель	Ед. изм.	В рас- чете на одно задание	В расчете на 1 исполните- ля с ученой степенью (использу- ется среднее количество исполните- лей за год согласно их списочному составу)	В расчете на 1 млн руб. факти- чески вы- деленных средств республи- канского бюджета	В расчете на одного исследо- вателя (ис- пользует- ся среднее количест- во иссле- дователей за год согласно их спи- сочному составу)
			43 зад.	125 чел.	1651,398 млн. руб.	268 чел.
1	Открыто новых законов	ед.	–	–	–	–
2	Разработано научных теорий	3 ед.	0,0698	0,024	0,0018	0,0112
3	Открыто новых закономерностей	37 ед.	0,8605	0,296	0,0224	0,1381
4	Создано объектов новой техники	47 ед.	1,093	0,376	0,0285	0,1754
5	Объем привлеченного внебюджетного финансирования	3,5 млн. руб.	0,0814	0,028	0,0021	0,0095
6	Защищено докторских диссертаций	1 ед.	0,0233	0,008	0,0006	0,0037
7	Защищено кандидатских диссертаций	4 ед.				
8	Получено охранных документов на объекты промышленной собственности	26 ед.	0,6047	0,208	0,0157	0,097
9	Опубликовано научных трудов (книжные издания + научные статьи + тезисы докладов)	252,4 ед.	5,8698	2,0192	0,1528	0,9418

Научное издание

ХРУСТАЛЕВ Борис Михайлович
ЛЕОНОВИЧ Сергей Николаевич

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ОРИЕНТИРОВАННЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ «СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» (2006–2010 гг.):
АНАЛИЗ ИТОГОВ ЧЕТВЕРТОГО ГОДА РАБОТЫ

Монография

Подписано в печать 03.06.2010.
Формат 60×841/16. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л.17,84. Уч-изд. л.13,95. Тираж 100. Заказ 580.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет/
ЛИ № 02330/0494349 от 06.03.2009.
220013, Минск. Проспект Независимости, 65.