

**БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ



**МАТЕРИАЛЫ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
БРЯНСК, 2018**

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Правительство Брянской области
Брянский государственный инженерно-технологический
университет (ФГБОУ ВО «БГИТУ»)
Строительный институт**

**МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – 2018»**

22-24 ноября 2018 г., Брянск

Брянск 2018

УДК 69.00

ББК 38

П78

«Инновации в строительстве – 2018»: материалы международной научно-практической конференции (Брянск, 22-24 нояб. 2018 г.)/ Брян. гос. инженер.-технол. ун-т; ред. кол.: А.В. Городков, С.Г. Парфенов, И.Н. Серпик, Н.П. Лукутцова, В.В. Плотников, З.А. Мевлидинов, И.А. Кузовлева. – Брянск, 2018. – 406 с.

ISBN 978-5-6042226-4-5

В сборнике международной инновационного научно-практической конференции представлены 80 научных докладов, в том числе 6 из зарубежья. Несомненно, такой широкий обмен информацией взаимно обогатил всех участников форума, послужил укреплению научных, образовательных и производственных связей, что послужит успеху инновационного социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах России.

Представленные в сборнике материалы включают доклады семи секций: (1) Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия; (2) Строительные конструкции; (3) Прикладная механика и физика несущих систем; (4) Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды; (5) Инновационные строительные материалы и изделия; (6) Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура; (7) Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах. Представленные доклады достаточно полно отражают современное состояние социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах Брянской области за и дают возможность знакомства с опытом решения научных и производственных проблем в других регионах.

Большинство докладов поступило из вузов, но в то же время охвачен полный спектр всех участников инновационного развития вышеназванных комплексов, включая производителей, проектировщиков, экономистов, экологов, управленцев. Все доклады представлены на сайте БГИТУ. Большинство докладов сделано очно, в основном имеют четкую практическую направленность или сделаны по материалам внедрения.

Предназначается для широкого круга научных работников, преподавателей, аспирантов, докторантов и студентов вузов строительных направлений, экономистов, инженерно-технических работников и руководителей строительных, дорожных, коммунальных и проектных организаций.

1 Архитектура, градостроительство, реставрация и охрана историко-культурного наследия	
1.1 Ахременко С.А., Пыцкая М.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) О сохранении и эффективном использовании объектов культурного наследия Брянской области	9
1.2 Баутин С.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Восстановление Спасо-Преображенского монастыря как отправная точка в возрождении исторической памяти на Брянщине	14
1.3 Волкова Т.В. (Управление по строительству и развитию территории города Брянска), Соболева Г.Н. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Градостроительная деятельность в городе Брянске	17
1.4 А.В.Городков, Демина А.Н., Середина О.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Предпроектные натурные исследования объектов усадьбы Тенишевых в Хотылеве	23
1.5 Городков А.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ), Ильченко Е.С. (Ассоциация СРО БРОП, г. Брянск, РФ) Б.П. Шавырин – первый главный архитектор г. Брянска	27
1.6 Перов А.П., Подгорная И.О. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Комплексные научные исследования купеческого дома с метопным фризом середины XIX века в г. Брянск.....	39
2 Строительные конструкции	
2.1 Баркая Т.Р., Шилов С.А., Гавриленко А.В., Черемных С.В. (ТвГТУ, г. Тверь, РФ) Влияние постнапряжения фундаментных плит на их жесткость и металлоемкость	44
2.2 Высоцкий С.П., Писаренко А.В. (ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР) Предотвращение деформации строительных сооружений	49
2.3 Ильичев В.А., Ильичева С.И. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Исследование несущих и ограждающих конструкций неэксплуатируемого здания в городе Орле.....	57
2.4 Ильичев В.А., Никуткин А.М. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Усиление отдельных элементов в структурных плитах покрытия здания	62
2.5 Ильичев В.А., Ушакова И.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Исследование причин аварий в строительстве на примере металлических конструкций: анализ причин и способы их предотвращения	65
2.6 Кожушный В.С., Моргунов М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Методы расчета сцепления стеклопластиковой арматуры с бетоном	69
2.7 Макушников М.Е., Моргунов М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Прочность железобетонных изгибаемых конструкций при учете воздействий агрессивной среды	75
2.8 Пикин Д.Ю., Навоев Е.А., Шрамов Н.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Обследование строительной конструкции пожарная наблюдательная вышка (ПНВ-35)	78

Содержание

2.9	Пикин Д.Ю., Подгорная И.О. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Обследование монолитных фундаментов в процессе строительства	83
2.10	Пикин Д.Ю., Полякова А.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Усиление аварийной плиты перекрытия с передачей нагрузки на несущую стену	88
2.11	Пикин Д.Ю., Ушакова И.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Специфика расчета строительных конструкций: анализ нормативных технических документов	93
2.12	Фролов Н.В., Смоляго Г.А., Павлюченко М.А. (БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ) Анализ изменения рабочей высоты и прочности нормального сечения изгибаемого железобетонного элемента вследствие смещения центра тяжести сечения растянутой арматуры поврежденной коррозией	96

3 Прикладная механика и физика несущих систем

3.1	Баранова И.М., Евтюхов К.Н. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Нелинейно-оптическая стресс-диагностика полупроводниковых кристаллов класса m3m	101
3.2	Кисель Ю.Е., Обозов А.А., Симохин С.П., Томлеева С.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Влияние гидродинамики потока электролита-суспензии на формирование высокопрочных композиций	107
3.3	Серпик И.Н., Тарасова Н.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Оптимизация предварительно напряженных стальных ферм типа арки с затяжками	111
3.4	Серпик И.Н., Терешин А.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Оптимизация поперечных стальных рам каркасов зданий на основе эволюционного моделирования	116
3.5	Симохин С.П., Кисель Ю.Е., Обозов А.А., Ивашкин Ю.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Влияние нестационарных режимов осаждения на микротвердость покрытий	120
3.6	Томлеева С.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Математическое моделирование оптимальной виброзащитной характеристики универсального виброзащитного подвешивания	124
3.7	Швачко С.Н., Стручков П.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Численное моделирование узла опирания предварительно напряженной многопустотной плиты перекрытия на сборно-монолитный ригель в двухмерной постановке	131

4 Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

4.1	Ахременко М.А., Музальков А.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Повышение комфортности жилья в многоэтажных жилых зданиях	136
4.2	Ахременко С.А., Мироненко Л.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Система антиобледенения плоских кровель	140

Содержание

4.3 Ахременко С.А., Осипова Э.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Анализ и технико-экономическое обоснование выбора современных средств противорадиационной защиты подвальных помещений жилых домов ..	144
4.4 Ахременко С.А., Протченко М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Повышение безопасности эксплуатации скатных кровель в зимний период путем внедрения систем антиобледенения	149
4.5 Башева Т.С., Шейх А.А. (ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР)	
Влияние параметров возводимых жилых зданий на уровень загрязнения атмосферного воздуха	155
4.6 Веремьева С.М., Козлова А.А., Викторов Д.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
О повышении энергоэффективности зданий	161
4.7 Головатенко Е.Л. (ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР)	
Анализ методов предотвращения и удаления карбонаткальциевого отложения на поверхностях нагрева	166
4.8 Голотина И.А., Сергеева Н.Д. (БГИТУ, Брянск, РФ)	
К вопросу развития методологии проектирования объектов благоустройства в городском хозяйстве	170
4.9 Горюнова Е.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
К вопросу о системах центрального теплоснабжения и автоматизации их элементов	174
4.10 Гурбатов Р.И., Сергеева Н.Д. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
К вопросу о проблемах и направлениях реконструкции и капитального ремонта кровель высотных зданий	178
4.11 Курченко Н.С., Абраменков С.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Организация работы парка машин при строительстве зданий и сооружений на этапе нулевого цикла с использованием систем геолокации	181
4.12 Курченко Н.С., Ботаговский М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Организация производства работ по реконструкции подземных исторически значимых сооружений	185
4.13 Липкина В.С., Сергеева Н.Д. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Актуальный аспект технологий устройства тепловых пунктов	189
4.14 Плотников В.В., Никишина А.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Инновационные ограждающие конструкции для интеллектуальных зданий с изменяемыми теплотехническими свойствами	193
4.15 Плотников В.В., Стрельцов В.Д. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Исследование энергетического состояния крупнопанельных жилых домов серии 1-335 в г. Брянске с целью разработки концепции их реконструкции	198
4.16 Плотникова С.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Энергосберегающая стена с вариотропными свойствами для повышения энергоэффективности и экологической безопасности многоэтажных зданий с каркасом из монолитного железобетона	202

Содержание

4.17 Плотникова С.В., Иванов М.А, Вошило О.Г., Гришин Р.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Обоснование экономической эффективности и экологической безопасности строительства пассивных жилых домов в Брянской области	205
4.18 Сергеева Н.Д., Ковалев Р.Б. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
К вопросу обеспечения энергоэффективности зданий со светопрозрачными конструкциями в градостроительстве.....	214
4.19 Сергеева Н.Д., Смирнов Д.И. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
К вопросу совершенствования методов и средств повышения уровня технологической подготовки производства работ в монолитном домостроении.....	221
4.20 Султанова М.В., Сердюк А.И. (ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР)	
Исследование экологически чистого электролита на основе малеиновой кислоты для электрохимической переработки свинцово-кислотных аккумуляторов.....	227
4.21 Тарасова Н.В., Протченко М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Перспективы развития солнечного отопления и кондиционирования воздуха в зданиях	231
4.22 Фиговский О.Л. (Ассоциация изобретателей Израиля, г. Найфа, Израиль), Пенский О.Г. (ПГНИУ, г. Пермь, РФ)	
Математические модели многоствольных строительных артиллерийских орудий	236
4.23 Ульянов А.А., Голотина И.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Оптимизация температурных характеристик стен зданий в местах образования «мостиков холода»	248
 5 Инновационные строительные материалы и изделия	
5.1 Акст Д.В, Столбоушкин А.Ю. (СибГИУ, г. Новокузнецк, РФ)	
Использование добавки ванадиевого шлака при получении декоративных керамических материалов матричной структуры	252
5.2 Васюнина С.В., Кондратьев М.С., Момот В.О., Приходько Д.М. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Влияние органоминеральных добавок на свойства керамических изделий ...	256
5.3 Горностаева Е.Ю., Соболева Г.Н., Дрязгов Д.И., Сашкова Е.К. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Строительные материалы на основе гидравлического вяжущего и органического заполнителя	261
5.4 Золотухина Н.В. (ПГУ им. Т. Г. Шевченко, г. Бендеры, Молдова)	
Сравнительный анализ утепляющих материалов в конструкции стен гражданских зданий	265
5.5 Карпиков Е.Г., Лукутцова Н.П., Чивикова Е. В., Бондаренко Е.А., Зайцев А.Е., Боровик Е.Г. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Эффективный комплексный микронаполнитель для мелкозернистого бетона на основе природного сырья	270

Содержание

5.6 Кулеш И.А., Лукутцова Н.П., Циркунова А.В., Андриюшин А.С., Головин С.Н. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Влияние природы стабилизатора на агрегатную устойчивость модифицирующих добавок к бетону	276
5.7 Ласман И.А., Алиев Т.Н., Ласман В.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Повышение эксплуатационных характеристик керамического кирпича..	282
5.8 Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. Новоцкая А.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Способы получения обрезных пиломатериалов из загрязненной радионуклидами древесины для использования в строительстве	287
5.9 Масанин О.О., Нелюбова В.В. (БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ)	
Исследование влияния стеклянных микросфер на свойства белого цемента ..	291
5.10 Махортов Д.С., Загороднюк Л.Х., Колотилин Д.В., Чепенко А.С. (БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ)	
Пластифицирующие добавки на основе отходов животноводческого производства.....	295
5.11 Нелюбова В.В., Нецвет Д.Д., Винакова А.Ю., Сивальнева М.Н. (БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ)	
Влияние вида стабилизатора на свойства протеиновых пен	300
5.12 Постникова О.А., Лукутцова Н.П., Ефремочкин Р.А., Пехенько Д.А., Свирида А.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Самоочищающийся композиционный состав для ограждающих конструкций зданий	304
5.13 Пыкин А.А., Лукаш А.А., Шкловец И.А. Белошова Е.Л. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Легкий бетон на гипсовом вяжущем, модифицированном микрокристаллической целлюлозой, и кавитационно-обработанных древесных опилках.....	309
5.14 Симонов С.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Экспериментальная вибрационная установка для исследования процессов уплотнения бетонных смесей.....	316
5.15 Смирнова О.М., Корпош Р.В. (СПбГУ, г. Санкт-Петербург, РФ)	
Исследование свойств торкрет-бетона с комплексной добавкой.....	320
5.16 Смирнова О.М., Михайлевский В.Р. (СПбГУ, г. Санкт-Петербург, РФ)	
Минеральные добавки для повышения прочности тампонажного камня	324
5.17 Соболева Г.Н., Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Мастеров Д.С., Артамонов П.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)	
Тяжелый бетон с активной минеральной добавкой	328
5.18 Соломенцев А.Б., Оноприйчук Д.А. (ОГУ им. И.С.Тургенева, г. Орёл, РФ)	
Исследование влияния стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона Viator plus на реологическое поведение дорожного битума	334
5.19 Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Курочкин Н.М. (СибГИУ, г. Новокузнецк, РФ)	
Разработка пресс-формы для изготовления пустотелых керамических образцов	341

Содержание

5.20	Трофимов В.И., Куляев П.В., Цыбина Р.З. (ТвГТУ, г. Тверь, РФ) К вопросу получения наномодифицированного легкого бетона с улучшенными структурно-механическими свойствами	346
5.21	Устинов А.Г., Лукутцова Н.П., Головин С.Н., Тугай Т.С., Черенкова Ю.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Исследование физико-механических свойств мелкозернистых бетонов наномодифицирующими добавками на основе биосилифицированных нанотрубок	350
5.22	Шевченко В.В., Столбоушкин А.Ю. (СибГИУ, г. Новокузнецк, РФ) Инновационный способ получения теплоэффективных керамических материалов ячеистой структуры	356
5.23	Шошин Е.А., Поляков А.В. (СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, РФ) Влияние бинарной смеси микрокремнезема и силикаткальциевой дисперсии на физико-механические свойства рядового бетона	361

6 Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура

6.1	Гайлитис Д.И., Гордиенко М.Ф., Хандожко Е.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Изучение вопроса применения изношенных шин в дорожной отрасли ...	366
6.2	Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Конча М.С., Миренков П.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) О применении цеолитов в цементобетонных смесях	368
6.3	Токар Н.И., Макеенко К.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) К вопросу повышения конкурентоспособности использования цементных покрытий в дорожно-строительном комплексе	373
6.4	Тулянкина Н.А., Тулянкин С.Ю. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Заездной «карман»: проблемы проектирования в пределах населенного пункта на примере города Брянска	378

7 Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

7.1	Благодер Т.П., Филиппова Т.Я., Митина О.М. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Оценка экономического ущерба при чрезвычайных ситуациях	381
7.2	Кузовлева И.А., Благодер Т.П., Вишталенко М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Экономический анализ использования современных стабилизаторов в основаниях автомобильных дорог	387
7.3	Кузовлева И.А., Бузueva Ю.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Конкурентоспособность предприятий на рынке подрядных работ	391
7.4	Лямцева И.Н., Лямцева А.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Создание строительного кластера как платформа инновационного развития инвестиционно-строительного комплекса Брянского региона	396
7.5	Потапенко О.С., Морозова А.Ю. (БГИТУ, г. Брянск, РФ) Тенденции развития строительства малоэтажного жилья и проблемы управления его эксплуатацией с учетом критериев энергоэффективности ..	399

О СОХРАНЕНИИ И ЭФФЕКТИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ахременко С.А., Пыцкая М.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Проблема водоснабжения актуальна для села Красный Рог не один десяток лет. Единственная водонапорная башня была построена почти сорок лет назад. За это время количество жилых домов увеличилось почти вдвое. Ресурсов стало не хватать. Сегодня жители вторых этажей остаются практически без воды. Особенно эта проблема актуальна летом.

В рамках концепции благоустройства территории усадьбы А.К. Толстого в селе Красный Рог Почепского района Брянской области, а также решения вопроса об обеспечении жителей данной территории водой, совместно с компанией ОАО «Брянскпромбурвод» были выполнены натурные обследования, инженерно-геологические, гидрологические изыскания с целью составления предпроектного предложения по воссозданию источника артезианской воды.

В статье рассмотрен вопрос о привлечении туристов и отдыхающих к источнику в усадьбе А.К. Толстого. Историко-культурное наследие может выступать не только как фактор развития духовной жизни, но и как одно из перспективных направлений развития экономики в Брянском регионе.

Бесперебойное и качественное водоснабжение приспособленного под современное использование объекта культурного наследия федерального значения крайне важно и актуально.

Опираясь на историко-архивные источники в совокупности с натурными исследованиями, можно судить о том, что источник действительно существовал. С.К. Ковалев, уроженец села Красный Рог, который с 12 лет работал помощником садовника в усадьбе А.К. Толстого, детально пояснил, что «в 1913 г. владелец усадьбы М.А. Жемчужников проложил новую дорогу от ручья вдоль ограды-заплота на хоздвор. В месте пересечения ручья главной дорогой было много родников». Об этом написала в своей книге «По следам Алексея Константиновича Толстого: вымыслы и правда» знаменитая брянская исследовательница творчества А.К. Толстого – Валерия Даниловна Захарова [3].

Данное исследование посвящено проведению предварительных инженерно-геологических и гидрологических изысканий и разработке предпроектных предложений по реконструкции и воссозданию источника артезианской воды в усадьбе выдающегося поэта Алексея Константиновича Толстого с целью эффективного использования объекта культурного наследия и решения проблемы водоснабжения на данной территории.

Для разработки предпроектных предложений по воссозданию источника артезианской воды, совместно с компанией ОАО «Брянскпромбурвод» был выполнен комплекс работ: получено техническое задание на проведение работ; разработан проект на поиск и исследование содержимого недр для обеспечения водоснабжения объекта; выполнено согласование проектной документации, проведены работы, описанные в проекте; оценены объёмы запасов воды, проведена

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

оценка её качества (химико-бактериологические исследования, на радиоактивность); проведен сбор показателей динамического уровня воды в скважине (дебит сооружения) и данных о техническом состоянии; составлен отчет об оценке запасов водоносного горизонта; выполнен проект санитарно-защитных зон гидротехнического сооружения; получено санитарно-эпидемиологическое заключение, авторский надзор за выполнением работ; получена лицензия и зарегистрирована скважина.

Сведения, полученные в результате проведенных исследований, совместно с компанией ОАО «Брянскпромбурвод» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения, полученные в результате проведенных исследований совместно с компанией «Брянскпромбурвод»

№ п/п	Наименование параметра	Результат
1	Местоположение скважины	Брянская область, Почепский район, Красный Рог, музей-усадьба А.К.Толстого
2	Абсолютная отметка устья скважины	174,3 м
3	Глубина скважины	50,0 м
4	Целевой водоносный горизонт	турон-сантонский карбонатный комплекс (K2t-st)
5	Статический уровень	19,0 м
6	Динамический уровень	24,0 м
7	Понижение	5,0 м
8	Расчетный дебит скважины	6,0 м ³ /час
9	Удельный дебит	1,25 м ³ /час

При исследовании литературных источников выяснено, что вода Красного Рога относится к Днепровскому артезианскому бассейну [5]. Тот факт, что вода залегает на больших глубинах, исключает загрязнение ядохимикатами от сельского хозяйства, промышленных заводов. Артезианская вода содержит бикарбонат, который приводит в норму уровень pH крови, кальций, который укрепляет кости, улучшает деятельность нервной системы, фтор, который положительно влияет на крепость зубной эмали, калий и натрий, которые поддерживают минеральный баланс [2].

При проведении химико-бактериологических и радиологических исследований для оценки качества воды, установлено, что вода в Красном Роге относится к водоносному турон-сантонскому карбонатному комплексу (K2t-st). Водосодержащими отложениями являются трещиноватые опоки, трепел, мел, мергель. Воды в усадьбе преимущественно пресные с общей минерализацией 0,34 г/дм³, гидрокарбонатные, кальциевые, умеренно жесткие. Величина pH=8,3, окисляемость по кислороду 1,28 мг/дм³. Дальнейшее более углубленное исследование химического состава воды специализированной лабораторией позволит определить, относится она к минеральным (лечебным) водам или нет.

С учетом инженерно-геологических и гидрологических изысканий, результатов натурного обследования территории, рекомендуется технология бурения скважины, а также необходимое оборудование и материалы к бурению.

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**



*Рисунок 1 – Погружной
центробежный агрегат
ЭЦВ 6-4-70*

Для производства работ рекомендуется погружной центробежный агрегат ЭЦВ 6-4-70 (рисунок 1), конструкция которого состоит из центробежного насоса и электродвигателя. Насос – центробежный многоступенчатый. Ступени соединяются между собой стяжками из стальной ленты или шпильками. Вал с рабочими колесами и втулками образует ротор насоса, который вращается в резинометаллических подшипниках.

Исходными данными для выбора насоса являются требуемые значения подачи и напора, химический состав воды и содержание механических примесей, а также сведения, полученные в результате замеров (таблица 1).

Технические характеристики ЭЦВ 6-4-70 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики ЭЦВ 6-4-70

Типоразмер электронасоса	Номинальные параметры электронасоса					Габаритные размеры в мм, не более		Масса, кг, не более	Диаметр скважины, мм
	Подача, м ³ /час	Напор Н, м	Ток, I, А	КПД %	Мощность двигателя, кВт	D	L		
ЭЦВ 6-4-70	4	70	4.6	74	3	145	960	48.5	150

Для бурения артезианской скважины рекомендуется буровая установка УРБ 2А2 (рисунок 2). Она монтируется на базе автомобиля ЗИЛ-131, который имеет повышенные характеристики проходимости.



Рисунок 2 – Буровая установка УРБ 2А2 на базе автомобиля ЗИЛ-131

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

Для обустройства скважины предлагаются две обсадных трубы разного диаметра, так как в известняке есть прослойки глины. Первая труба доходит до границы известкового пласта, вторая расположена в самом пласте, доходит до водоносного слоя, его верхней границы. Вторая труба перфорированная. Через отверстия в нее поступает вода. Насос размещают в нижней трубе. Так как скважина имеет больший диаметр, чем труба, то для закупоривания водоносных слоёв применяется заливка бетоном [1].

Материалы и метрологическое обеспечение, необходимые для обустройства скважины, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Спецификация материалов и метрологического обеспечения на скважину

№ п/п	Наименование материалов	Кол-во	Масса, кг	
			1 м	Всего
1	Трубы стальные обсадные 219×8 мм	22,0 м	41,63	915,9
2	Трубы пластмассовые обсадные 165×7,5 мм	44,0 м	5,64	248,2
3	Фильтр перфорация 165×7,5	6,0 м	4,51	27,1
4	Оголовок	1 шт.		298,0
5	Пьезометр	1 шт.		22,0
6	Уровнемер тросовый – УСБ-Т-150	1 шт.		
7	Рулетка ленточная – РГ-Л-30	1 шт.		
8	Емкость мерная – 200 л	1 шт.		
9	Секундомер	1 шт.		
	Итого			1511,2

Технология бурения скважины выглядит следующим образом: скважина (рисунок 3) бурится вращательным способом в интервале 0,0-22,0 м с промывкой глинистым раствором, в интервале 22,0-50,0 м с промывкой чистой водой. Водоприёмная часть – фильтр перфорация диаметром 165 мм в интервале 43,0-49,0 м. Выполняется затрубная цементация обсадной трубы диаметром 219 мм. Общая продолжительность откачки не менее 3 суток. В процессе откачки отбираются пробы воды и направляются в аккредитованную лабораторию для проведения анализа. Эксплуатационный насос ЭЦВ 6-4-70, на глубине 50,0 м отрегулированный на проектную мощность.

Для привлечения туристов и отдыхающих предлагается над скважиной установить бювет для отпуска воды, с целью предохранения ее от загрязнения, и выполнить его в архитектурном стиле, соответствующего периоду жизни А.К. Толстого в усадьбе [4].

Воссоздание источника артезианской воды в усадьбе А.К. Толстого может решить несколько проблем:

- обеспечить жителей Красного Рога бесперебойным и качественным водоснабжением;

- позволит эффективно использовать объект культурного наследия, ведь развитие туризма в настоящее время является одним из наиболее перспективных направлений. Привлекательность музея-усадьбы увеличивает туристическую посещаемость, и часть полученных средств может быть использована на содержание объекта культурного наследия.

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

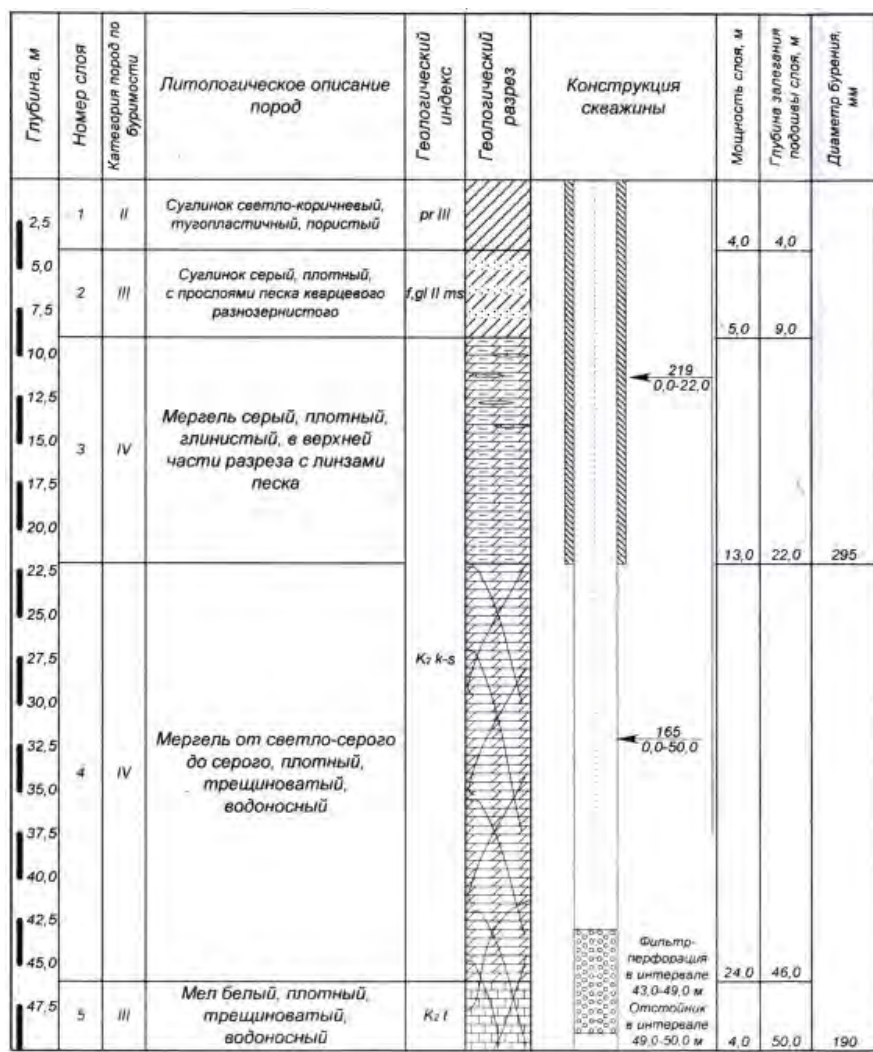


Рисунок 3 – Геолого-технический наряд

Заключение

В рамках концепции благоустройства территории усадьбы А.К. Толстого в селе Красный Рог Почепского района Брянской области, а также решения вопроса об обеспечении жителей данной территории водой, совместно с компанией «Брянскпромбурвод» были выполнены натурные обследования, инженерно-геологические, гидрологические изыскания с целью составления предпроектного предложения по воссозданию источника артезианской воды.

С учетом инженерно-геологических и гидрологических изысканий, результатов натурного обследования территории, опираясь на проведенные историко-архивные и литературные источники, рассчитаны и подобраны: технология бурения артезианской скважины, необходимое оборудование, машины, механизмы и материалы к бурению.

Рассмотрен вопрос о привлечении туристов и отдыхающих к источнику артезианской воды, ведь развитие туризма в настоящее время является одним из наиболее перспективных направлений. Часть полученных средств может быть использована на содержание объекта культурного наследия.

Список литературы

1. Башкатов Д.Н., Роговой В.Л. Бурение скважин на воду. Учебное пособие. – М.: Колос, 1976. – 206 с.
2. Журавлева Л.Б. Курортное дело с основами курортологии. Учебное пособие. – Сочи: изд-во СГУТ и КД, 2008. – 628 с.
3. Захарова В.Д. По следам Алексея Константиновича Толстого: вымыслы и правда. – Брянск, 2009. – 240 с.
4. Бальнеотехника минеральных вод: метод. указания по проектированию, сооружению и эксплуатации бальнеотехнических устройств на курортах / сост. Е.С. Райхман и др. – М.: ЦНИИКиФ, 1970. – 84 с.
5. Гидрогеология СССР. Воронежская область, Курская область, Белгородская область, Брянская область, Орловская область, Липецкая область, Тамбовская область: в 45 т. Т 4 / под ред. А.Т. Бобрышев, М.Р. Никитин, Д.С. Соколов, Е.Г. Чаповский. – М.: Недра, 1972. – 499 с.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ СПАСО-ПРЕОБРАЖЕНСКОГО МОНАСТЫРЯ
КАК ОТПРАВНАЯ ТОЧКА В ВОЗРОЖДЕНИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ
ПАМЯТИ НА БРЯНЩИНЕ**

Баутин С.С. (БГИТУ, г. Брянск, Россия)

В статье обосновывается необходимость восстановления монастырского комплекса. Исследуются причины внимания различных общественных организаций к судьбе памятника. Была сделана попытка изучить влияние состояния памятников архитектуры на духовное состояние общества.

При упоминании монастырей Брянска первое, что вспоминается обывателю, – это Свенский Успенский монастырь. Затем всплывают в памяти Площанская Пустынь в Брасовском районе, Белобережская Пустынь в Брянском районе, Николо-Одринский монастырь в Карачеве. Но есть в Брянской области не менее значимый памятник архитектуры, по своим масштабам не уступающий Свенскому монастырю, и стены которого помнят еще события конца XVIII в. – Спасо-Преображенский монастырь в г. Севске.

Сохранившийся цельный монастырский комплекс является интереснейшим памятником архитектуры на Брянщине. Старинные стены и башни, свидетели событий трехсотлетней давности, хранят в себе историю не одного поколения наших предков. Человек живет не только в природной среде, но и в культурной, созданной его предками и им самим. Сохранение культурной среды – задача не менее важная, чем сохранение окружающей природы. Если природа необходима человеку для его биологической жизни, то культурная среда не менее необходима для его духовной, нравственной жизни, для его духовной оседлости, для его привязанности к родным местам, следованиям заветам предков, для его нравственной самодисциплины и социальности [3]. На призыв к восстановлению оби-

тели откликнулись различные общественные движения. Монастырь смог пробудить интерес к себе, а значит и интерес ко всем памятникам Брянщины, к ее истории в целом. Поэтому восстановление монастыря послужит отправной точкой к дальнейшему восстановлению архитектурного наследия края, а вместе с тем, к возрождению нравственности, немыслимой без уважения к своими предкам и их традициям.

В 90-е годы уже предпринимались попытки изучения архитектуры и истории монастыря. В своде памятников архитектуры и монументального искусства России довольно подробно описаны все строения храма – стены, башни, Преображенский собор, надвратная колокольня, а также современное состояние этих строений. В 1980-х гг. проводились реставрационные работы (арх. Л.С. Семёнова и арх. Е.Ю. Лапин). Однако восстановительные работы носили фрагментарный характер.

Монастырь расположен на северо-восточной окраине города, среди низменной равнины на левом берегу р. Сев, где некогда проходила старомосковская дорога [1]. Обитель основана архимандритом одноимённого новгород-северского монастыря Корнилием, который после Деулинского перемирия (1618) покинул город со своими монахами. В 1636 г. он по благословению патриарха Филарета основал в Севске обитель. До начала XVIII в. все постройки были деревянными. Только в 1713-1717 гг. вместо прежних храмов сооружен каменный собор Спаса Преображения с теплым пределом Илии Пророка. С образованием в 1764 г. Севской епархии монастырь превращен в архиерейский дом – резиденцию архиепископа, которая при Кирилле Флоринском (1768-1778) была значительно расширена и перестроена, превратившись в оригинальный ансамбль. В это время был обновлен собор (1774), сооружены в камне остальные здания монастыря. Упразднение Севской епархии (1788) и переезд архиереев в Орел (1820) привели монастырь в запустение. Кроме того, сильный пожар 1824 г. значительно повредил все здания. Они были возобновлены лишь частично в 1843 г. В середине XIX в. Обитель окончательно закрыли и продали на слом. Однако благодаря чаяниям игумены Троицкого Севского монастыря, он превратился в подворье ее обители, и постройки обновили. После Октябрьской революции монастырь закрыли, здания приспособляли для других нужд, и они постепенно ветшали.

Монастырь является интереснейшим архитектурным ансамблем Брянщины XVIII в., одним из немногих сохранившихся монастырей, отличающихся исключительно цельным обликом, выдержанном в стиле барокко предшествующих традиций архитектуры XVII в. В архитектуре собора тесно переплетены формы «нарышкинского» стиля, украинского барокко XVIII в. и традиции XVIIв. Колокольня выполнена в редком для Брянщины барочном стиле. Просфорная, духовная консистория близки к формам провинциального барокко [5].

Интересна архитектура келейного корпуса. На внешний облик здания наложили отпечатки разные строительные периоды. Предположительно, корпус келей соединен с башней поздней пристройкой. Часть окон также являются поздними, а первоначальные – заложены. Это здание хранит в себе множество вопросов и нуждается в детальном изучении.

В июле 2018 г. монастырь был передан Брянской епархии. С этого времени активно обсуждается вопрос о восстановлении сооружений обветшавшей обители. Монастырь обладает огромным паломническим, туристическим потенциалом. Описанная выше богатая история, уникальная архитектура отдельных зданий, сохранение цельности комплекса тому подтверждение. Превращение монастыря в крупный религиозно-просветительский центр связано не только с восстановлением полуразрушенных зданий внутри монастыря, но и с решением ряда других вопросов, в частности вопроса организации проезда к обители.

Севск – уникальный город в историческом, духовном и архитектурном аспекте. Отделением международного совета по сохранению памятников и достопримечательных мест (ИКОМОС) Севск предполагается к номинированию в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО. Такой высокий статус поднял бы вопрос восстановления монастыря на высокий уровень. Ведь монастырь ценен не только сам по себе, своей архитектурой, но и является неотъемлемой частью панорамы, открывающейся с исторического центра Севска.

Оказать посильную помощь в восстановлении монастыря и подготовке материалов для внесения объекта в список Всемирного наследия ЮНЕСКО откликнулись различные движения. Одним из них является Ресурсный центр поддержки волонтерства в сфере сохранения и популяризации историко-культурного и природного наследия России. Уже неоднократно волонтеры выезжали в Севск, знакомились с архитектурой монастыря, делали замеры, проводили фотофиксацию. Ими же собирались архивные данные из истории монастыря, были найдены исторические фотографии. Другой важной движущей силой является студенчество. При написании своих дипломных и курсовых работ они также обращались к архивным материалам, выполняли проекты реставрации и восстановления ансамбля монастыря. Также оказать помощь откликнулось казачество, частные лица и организации. Брянская епархия предпринимает все возможные действия по восстановлению обители. Отдельно стоит отметить вклад в сохранение памятника игуменьи монастыря матушки Серафимы. Она взяла под свою опеку полуразрушенный комплекс, где несет послушание по благословлению митрополита Брянского и Севского Александра.

Благодаря общим усилиям неравнодушных к собственной истории брянцев, в скором времени будут созданы все условия для восстановления монастыря. Первоочередной задачей является проведение комплексных научных исследований. Исходя из полученных материалов будут определены методы восстановления, будет разрабатываться проектная документация.

В заключение хотелось бы привести фразу выдающего историка и филолога, академика Д.С. Лихачева: «Ненавязчиво и ненастойчиво входят впечатления прошлого в духовный мир человека, и человек с открытой душой входит в прошлое. Он учится уважению к предкам и помнит о том, что в свою очередь нужно будет для его потомков... Он начинает учиться ответственности – нравственной ответственности перед людьми прошлого и одновременно перед людьми будущего» [2].

Список литературы

1. Вязьмитин О.Р., Харитонов С.А., Шатохин А.В., Храмы Севского уезда. – Брянск: ИП Шуклина Т.А., 2017. – 704 с.
2. Городков В.Н. Архитектурные образы Брянщины. – Тула: Приок. Кн. Изд-во, 1990. 143 с., ил.
3. Лихчев Д.С. Избранное: Мысли о жизни, истории, культуре/ Составление, подготовка текста и вступительная статья Д.Н. Бакунина. – М.: Российский Фонд Культуры, 2006. – 336 с.
4. Пясецкий Г.М. история Брянской епархии с древнейших времен до 1820 года. Под общей редакцией О.Р. Вязьмитина. – Брянск: Группа компаний «Десяточка» (издательство «Белобережье»), 2011. – 432 с.
5. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России: Брянская область. – М.: Наука, 1998 – 640 с.
6. Цапенко М.П. Земля Брянская. – М.: «Искусство», 1972 – 136 с.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ГОРОДЕ БРЯНСКЕ

Волкова Т.В. (*Управление по строительству и развитию территории города Брянска, РФ*), Соболева Г.Н. (*БГИТУ, г.Брянск, РФ*)

Основным стратегическим документом, определяющим градостроительную политику, является Генеральный план города Брянска. Генеральный план города Брянска утвержден Решением Брянского городского Совета народных депутатов от 27.07.2016 № 465. Проектные решения Генерального плана города Брянска являются основанием для разработки документации по планировке территории города, а также территориальных и отраслевых схем размещения отдельных видов строительства, развития транспортной, инженерной и социальной инфраструктур.

Управление по строительству и развитию территории города Брянска является отраслевым (функциональным) органом Брянской городской администрации, осуществляющим исполнительно-распорядительные функции по комплексному развитию территории города Брянска, направленные на решение текущих и перспективных задач социально-экономического развития города Брянска с учетом экологических, природных, историко-культурных и иных особенностей, совершенствование среды жизнедеятельности граждан, регулирование градостроительных отношений на территории города Брянска, улучшение архитектурного облика города Брянска и реализацию полномочий в области градостроительной деятельности.

Основным стратегическим документом, определяющим градостроительную политику, является Генеральный план города Брянска.

В настоящее время осуществляется реализация проектных предложений, содержащихся в Генеральном плане города Брянска, в частности:

1. Развитие улично-дорожной сети:

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

- реконструкция магистрали городского значения, соединяющей Советский и Бежицкий районы города Брянска на участке от места пересечения улицы Объездной с улицей Городищенской до места пересечения улицы Бежицкой с переулком Бежицким;

- строительство дороги по улице Романа Брянского (между улицей Авиационной и улицей Брянского Фронта) в Советском районе города Брянска;

- строительство магистрали городского значения и защитной дамбы на участке от железнодорожного вокзала Брянск–1 Володарского района до проспекта Московского Фокинского района города Брянска.

Планируется строительство автодороги, являющейся продолжением улицы Советской от пересечения с улицей Крахмалева до пересечения с улицей Объездной по территории бывшего аэропорта в Советском районе Брянска.

2. Строительство социальных объектов.

Положения Генерального плана содержат в себе сложившиеся тенденции в развитии образования, необходимость продолжения работы по оснащению школ современным лабораторным оборудованием, компьютерной техникой, доступом к Интернету. Кроме того, Генеральным планом учтена проблема неравномерности размещения детских дошкольных учреждений по территории города, а также намеченное освоение новых площадок под размещение жилья потребует дополнительное строительство этих учреждений с соблюдением радиусов пешеходной доступности.

В рамках реализации вышеуказанных положений Управлению по строительству и развитию территории города Брянска доведены лимиты бюджетных ассигнований на капитальные вложения в строительство объектов для муниципальных нужд в сумме 511,4 млн. рублей.

3. Документация по планировке территории

С целью выделения элементов планировочной структуры, установления границ территорий общего пользования, границ зон планируемого размещения объектов капитального строительства, определения характеристик и очередности планируемого развития территории осуществляется подготовка проектов планировки территории.

С 2009 года по настоящее время за счет бюджетных средств и средств инвесторов разработано и утверждено 68 проектов планировки и планировочной документации территории, из них:

- 30 проектов планировки утверждены в период с 2016 года и по настоящее время;

- 8 проектов планировки с общей площадью 77 га, разработано в целях бесплатного предоставления земельных участков многодетным семьям.

При утверждении проектов планировки территории города Брянска все решения принимаются с учетом перспективного развития улиц и дорог.

Правила землепользования и застройки города Брянска от 26.07.2017 № 796, утвержденные решением Брянского городского Совета народных депутатов, являются документом, необходимым для упорядочивания градостроительной деятельности и оптимизации землепользования города Брянска, форми-

рующим общие принципы развития разных функциональных зон города в пределах установленных регламентов. По сути, Правила землепользования и застройки являются дополнением Генерального плана города Брянска, некой развернутой «легендой» его основных положений.

В течение периода их применения ужесточились требования к жилой застройке, её плотности, обеспечению парковочными местами, площади требуемого земельного участка, кроме того, Управлением проводится работа по их совершенствованию с учетом существующей градостроительной ситуации, а также в результате тесного взаимодействия со смежными структурами, такими как Управление имущественных и земельных отношений Брянской городской администрации, Управлением Федеральной службы государственной регистрации кадастра и картографии по Брянской области, Управлением имущественных отношений Брянской области.

В настоящее время внесены следующие изменения:

- в регламенты зон застройки индивидуальными жилыми домами (Ж-1), застройки малоэтажными многоквартирными жилыми домами (Ж-2), застройки среднеэтажными жилыми домами (Ж-3), застройки многоэтажными жилыми домами (Ж-4) в части установления минимальной площади земельного участка под каждый блок блокированной жилой застройки 600 м², но не менее 200 м² под один блок;

- в регламенты зон застройки индивидуальными жилыми домами (Ж-1), застройки малоэтажными многоквартирными жилыми домами (Ж-2), застройки среднеэтажными жилыми домами (Ж-3), застройки многоэтажными жилыми домами (Ж-4), садово-огородных участков (Ж-5), объектов административно-делового, социально-культурного и коммунально-бытового назначения (О-1), учреждений здравоохранения и социального обеспечения (О-2), учреждений высшего и среднего специального образования (О-3), физкультурно-спортивных сооружений (О-4), кратковременного отдыха (Р-2), промышленных предприятий (П-1), коммунально-складских объектов (П-2), полоса отвода железной дороги (Т-1), объектов транспортной инфраструктуры (Т-2), инженерной инфраструктуры (И), режимных объектов (Сп-1), шламохранилища, хвостохранилища (Сп-2), кладбищ (Сп-3), полигона твердых бытовых отходов (Сп-4) в части установления минимальной площади гаража 24 м²;

- в регламенты зон застройки малоэтажными многоквартирными жилыми домами (Ж-2), застройки многоэтажными жилыми домами (Ж-4) в части установления максимального коэффициента строительного использования земельного участка для блокированных и малоэтажных многоквартирных жилых домов – 0,94;

- дополнены условно разрешенными видами использования «Строительная промышленность», «Целлюлозно-бумажная промышленность», «Пищевая промышленность» зона коммунально-складских объектов (П-2), «Общественное управление» зоны застройки многоэтажными жилыми домами (Ж-4) и застройки малоэтажными многоквартирными жилыми домами (Ж-2), «Дошкольное, начальное и среднее общее образование» зона озелененных территорий общего пользования (парки, скверы, бульвары) (Р-1).

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

Внесены существенные изменения в положения Градостроительного кодекса РФ и иные Федеральные акты, регулирующие градостроительную деятельность, которые не могли не сказаться на градостроительной деятельности города Брянска. 3 августа 2018 года внесены изменения в ст.51 и ст.55 Градостроительного кодекса РФ, касающиеся вопросов строительства (реконструкции) и ввода в эксплуатацию индивидуальных жилых домов и садовых домов.

На строительство или реконструкцию объектов ИЖС, садового дома не требуется получение разрешения на строительство и разрешения на ввод объекта в эксплуатацию. Вместо этого вводятся положения о направлении лицом, осуществляющим строительство, в орган, уполномоченный на выдачу разрешения на строительство, уведомления о планируемом строительстве или реконструкции (п.1.1 ч.17 ст. 51, ст. 51.1 Градостроительного кодекса) и уведомления об окончании строительства или реконструкции (ст. 55 Градостроительного кодекса).

В связи с указанными изменениями на Управление возложены полномочия по предоставлению новых муниципальных услуг:

- выдача уведомления о соответствии (или о несоответствии) указанных в уведомлении о планируемом строительстве или реконструкции объекта индивидуального жилищного строительства или садового дома параметров объекта индивидуального жилищного строительства или садового дома установленным параметрам и допустимости размещения объекта индивидуального жилищного строительства или садового дома на земельном участке;

- выдача уведомления о соответствии (или о несоответствии) построенных или реконструированных объекта индивидуального жилищного строительства или садового дома требованиям законодательства о градостроительной деятельности.

Кроме того, вышеуказанными положениями изменен порядок постановки построенного объекта ИЖС, садового дома на государственный кадастровый учет и осуществления государственной регистрации права собственности на него. В настоящее время вышеуказанные процедуры осуществляются по заявлению органа, уполномоченного на выдачу разрешений на строительство (п. 1.1. ч. 1 ст. 15 Закона о регистрации).

Технический план объекта и сведения об уплате государственной пошлины за государственную регистрацию права должны быть приложены застройщиком к уведомлению об окончании строительства.

В целях упрощения процедуры строительства и дальнейшей регистрации права собственности объектов инженерной инфраструктуры законом Брянской области от 15.03.2007 №28-З (с изменениями, внесенными Законом Брянской области от 05.06.2018 №41-З) «О градостроительной деятельности в Брянской области» предусмотрены случаи, в дополнение к установленным частью 17 статьи 51 Градостроительного кодекса РФ при которых выдача разрешения на строительство не требуется. В частности:

- строительства и (или) реконструкции объектов электросетевого хозяйства – линий электропередачи классом напряжения до 20 киловольт включи-

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

тельно, а также связанных с ними трансформаторных подстанций, распределительных пунктов и иного предназначенного для осуществления передачи электрической энергии оборудования;

- строительства распределительных газопроводов, газопроводов-вводов (вводных газопроводов);

- строительства уличных и внутриквартальных сетей водопровода диаметром до 250 миллиметров включительно;

- строительства уличных и внутриквартальных сетей канализации диаметром до 300 миллиметров включительно;

- строительства тепловых сетей, включая сети горячего водоснабжения, диаметром не более 325 миллиметров;

- реконструкции существующих линейных объектов капитального строительства: линий электропередачи, газопроводов, сетей водопровода, канализации, теплоснабжения, не связанных с изменением предельных параметров разрешенного строительства, установленных градостроительным регламентом, а также с изменением их местоположения, установленных показателей функционирования таких объектов и основных характеристик их надежной и безопасной эксплуатации, не требующей увеличения размеров и границ охранных зон земельных участков, на которых расположены такие объекты;

- строительства и (или) реконструкции линейно-кабельных сооружений связи и кабельных линий связи (за исключением особо опасных, технически сложных сооружений связи).

В связи с чем, одним из актуальных вопросов в настоящее время является применение вышеуказанных положений всеми ресурсоснабжающими организациями.

Изменения внесены и к требованиям по разработке проектов планировки, которые были отражены в нормативных актах, регулирующих оказание муниципальных услуг.

Градостроительным кодексом РФ сокращены сроки предоставления муниципальных услуг по выдаче разрешений на строительство и выдаче разрешений на ввод объектов капитального строительства в эксплуатацию (с 10 до 7 рабочих дней), по подготовке и выдаче градостроительных планов земельных участков (с 30 до 20 рабочих дней).

Постановлением Брянской городской администрации от 12.09.2018г. №2799-п утвержден административный регламент «Об утверждении административного регламента предоставления муниципальной услуги «Предоставление градостроительного плана земельного участка».

Постановлением Брянской городской администрации от 16.04.2018 № 1065-п утвержден административный регламент «Выдача разрешения на строительство (реконструкцию) объектов капитального строительства, расположенных на территории города Брянска, продление срока действия разрешения, внесение изменений в разрешение».

Постановлением Брянской городской администрации от 27.03.2018г. № 878-п утвержден административный регламент «Выдача разрешения на ввод объекта в эксплуатацию, расположенного на территории города Брянска».

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

Градостроительным кодексом Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ предусмотрена процедура выдачи разрешений на строительство и ввода в эксплуатацию в отношении объектов капитального строительства, а также линейных объектов инженерной инфраструктуры. Форма разрешения на ввод в эксплуатацию содержит в себе требования наличия адреса вводимого объекта, присвоенного на основании постановления органа местного самоуправления, в связи с чем, ФИАС стал неотъемлемой частью градостроительной деятельности.

С 1 января 2018 года ФИАС стала единственной базой актуальных адресов, которую обязаны применять пользователи и представители организаций, например, ФНС (Федеральной налоговой службы), ПФР (Пенсионного фонда России), ЖКХ (Жилищно-коммунального хозяйства) и другие.

В целях повышения качества предоставления и доступности муниципальной услуги, для реализации полномочий присвоения, изменения и аннулирования адресов Управлением подготовлен административный регламент предоставления муниципальной услуги «Присвоение, изменение, аннулирование адресов на территории города Брянска», который утвержден постановлением Брянской городской администрации от 21.10.2016 №3709-п.

Информационная система обеспечения градостроительной деятельности является эффективным инструментальным комплексом, который представляет собой единую автоматизированную систему, включающую сведения о современном состоянии и использовании территорий, градостроительные решения всех уровней, нормативно-правовые и экономические механизмы реализации градостроительной политики, обеспечивая системное управление градостроительными процессами в сфере развития территорий.

Постановлением Брянской городской администрации от 07.04.2016 № 1109-зп утверждено Положение об информационной системе обеспечения градостроительной деятельности на территории муниципального образования городской округ «город Брянск», в рамках реализации которого совместно с Департаментом строительства и архитектуры Брянской области осуществляются работы по ее внедрению.

Список литературы

1. Градостроительным кодексом Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ
2. Закон Брянской области от 15.03.2007 №28-З «О градостроительной деятельности в Брянской области»
3. Правила землепользования и застройки города Брянска от 26.07.2017 №796.
4. Административного регламент «Предоставление градостроительного плана земельного участка» от 12.09.2018г. №2799-п.
5. Административный регламент «Выдача разрешения на строительство (реконструкцию) объектов капитального строительства, расположенных на территории города Брянска, продление срока действия разрешения, внесение изменений в разрешение» от 16.04.2018 г. № 1065-п.

6. Административный регламент «Выдача разрешения на ввод объекта в эксплуатацию, расположенного на территории города Брянска» от 27.03.2018г. № 878-п.

7. Административный регламент «Присвоение, изменение, аннулирование адресов на территории города Брянска» от 21.10.2016 №3709-п.

ПРЕДПРОЕКТНЫЕ НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ УСАДЬБЫ ТЕНИШЕВЫХ В ХОТЫЛЕВЕ

Городков А.В., Демина А.Н., Середина О.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Аннотация. Кратко рассмотрены основные объекты усадебного комплекса в с. Хотылево Брянской области: усадебный парк, мост, дом, пруд, главный лестничный каскад и грот, храм Преображения. Отмечены особенности планировки и архитектурного решения этих объектов. Проанализированы предшествующие предложения и графические реконструкции объектов ансамбля. Сформулированы задачи по разработке проекта реставрации, которые планируется решить в рамках дипломного проектирования.

Усадьба Тенишевых занимает центральное положение в застройке села Хотылево, раскинувшегося живописно на правом берегу Десны. Территория усадьбы связана с богатой и интересной историей села. Три столетия это была вотчина рода Тютчевых. В XIX веке усадьба перешла в собственность князя Тенишева.

Усадебный комплекс многократно исследовался в натуре. Первые натурные исследования и исторические изыскания были выполнены заслуженным архитектором РФ В.Н. Городковым в период 1949-1980 гг. В период 1980-х гг. им были разработаны графические реконструкции главных объектов усадьбы: моста, храма Преображения, лестничного каскада и усадебного дома. В последующие годы эпизодически проводились дополнительные уточняющие обследования, имевшие целью получение более подробной информации об озеленении парка, состоянии архитектурных объектов, динамике изменения природно-планировочных и ландшафтно-экологических факторов. Важнейшим и наиболее трудоемким процессом являлись обмерные работы. На их основании были разработаны планировочные и дендрологические схемы, отражающие современное состояние парка, а также предложения по его реконструкции. Это явилось базой основой для разработки научных рекомендаций по сохранению, воссозданию и современному использованию территории усадьбы. Дальнейшее изучение паркового ансамбля предполагает решение ряда новых задач, среди которых углубленный архитектурно-ландшафтный анализ, оценка рельефа территорий, разработка необходимых инженерных природообустроительных и реставрационных мероприятий.

Реставрация водоема. Одной из задач проекта природообустройства территории является воссоздание пруда. По материалам натурных обследований площадь пруда составляла 220 м², в плане водоем имел свободное ландшафтное

очертание береговой линии. Береговая линия в настоящее время определяется с трудом. Главными природными факторами, определяющими возможность обводнения парка и характер водных устройств, является рельеф территории и источники обводнения. На территории парка рельеф характеризуется существенным перепадом высот. Особенностью «рыбного пруда» является высокий уровень его расположения. Это исключает источники питания со стороны Десны. Поэтому при воссоздании водоема основным источником питания пруда являются атмосферные и талые воды. Это обуславливает возможность устройства стоячих водоемов, образованных путем использования природных углублений местности или специально создаваемых ложей дна. Традиционно копань представляет собой выемку в пониженной части местности для накопления в ней атмосферных и талых вод, стекающих с прилегающих территорий. Питание пруда также может осуществляться подземными водами. Общепринято сооружение в парках напорных водоемов путем перегораживания плотинами и естественного углубления рельефа дна реки. Но для хотылевского парка это не приемлемо. В комплексном проекте воссоздания усадьбы предполагается разработать проектные предложения по реставрации наиболее важных в историко-культурном отношении объектов.

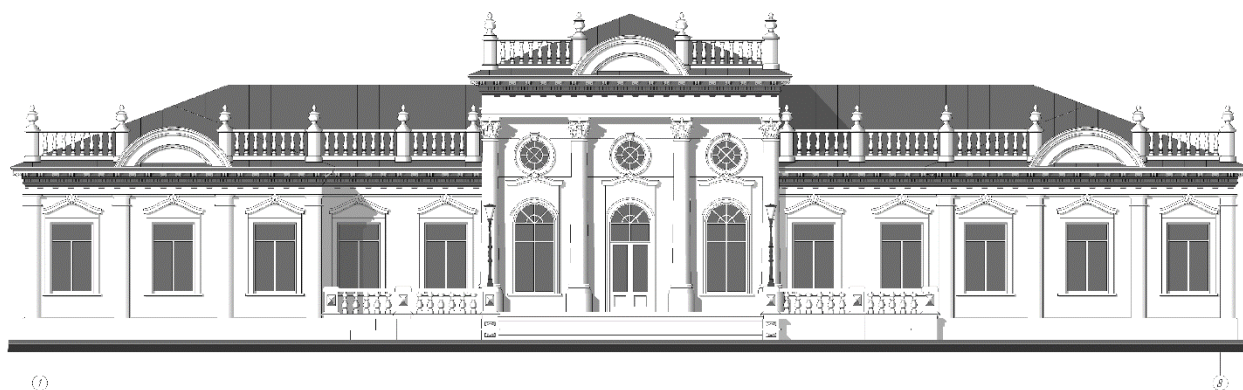
Среди них **усадебный дом** – главный композиционный объект усадьбы, утраченный в 1944 году. Архитектура дома с монументальной лестницей спуска к Десне принадлежит архитектору-художнику Прокофьеву (1866-1913). В настоящее время имеются три графические реконструкции дома, в т.ч. воссоздана его планировка, которая нуждается в уточнении, в зависимости от предполагаемого использования здания в будущем (музей, культурный центр и т.п.). В предварительном варианте нами разработан эскизный проект воссоздания дома с перспективным использованием его под историко-археологический музей села Хотылево.

Лестничный каскад. Графические реконструкции каскада, выполненные в 1970-80-х гг. могут являться основой для разработки детального проекта реставрации лестничного каскада, располагавшегося по главной поперечной композиционной оси усадебной территории. Реставрация лестничного каскада предполагает разработку проектных решений по устройству грота и верхнего завершения самой лестницы с балюстрадой ограждения.

Мост. В настоящее время сохраняется в руинированном состоянии. Натурные обследования последних лет, в сравнении с более ранними исследованиями показали, что динамика разрушения арки моста прогрессирует. Технические обследования несущей способности моста не проводились.

Храм Преображения. Является выдающимся памятником русского барокко (1763 г.) на Брянской земле. В настоящее время находится в руинированном состоянии. На основе графической реконструкции памятника, выполненной в 1990-х гг. нами предполагается разработка эскизного проекта воссоздания утраченных объемов храма.

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**



Главный фасад усадебного дома Тенишевых в с. Хотылево. Проектное решение по воссозданию (О. Шавырина и С. Солукова, 2010, дипломный проект)



Мост (фото 1949 г.) и его графическая реконструкция (арх. В.Н. Городков, 1992 г.)



Главный каскад и грот (графическая реконструкция арх. В.Н. Городкова, 1992 г.)

Ворота парка. До настоящего времени сохраняются в удовлетворительном состоянии. Декоративная решетка частично повреждена.

Усадебный парк. Заложен в начале XIX века и реконструирован при участии М.К. Тенишевой в 1890-х годах. Площадь парка 9 гектаров. В планировочном решении парк представляет собой вытянутую вдоль берега полосу, заключенную между застройкой села и Десной. Начинаясь у сельской площади, от стен бывшей Преображенской церкви парк спускается по крутосклону берега к водному зеркалу Десны. Планировка парка смешанная и состоит из двух зон: регулярной и ландшафтной. Зоны определены рельефом местности. Верхняя зона, где располагается часть парка и остатки усадьбы, имеет регулярную планировку. Композицию парка «держит» поперечная аллея. Она связывает «Железные ворота» входа в парк с сельской площадью и берег Десны с некогда бывшей там пристанью катеров.

Перед домом поперечная аллея пересекается двумя продольными аллеями. Первая, длиной 350 метров, соединяет верхний парк с хозяйственным двором и фруктовым садом, расположенным в левой части усадьбы. Вторая, основная продольная аллея, пересекает перед фасадом всю территорию усадьбы, от западной окраины через фруктовый сад устремляясь к березовой роще и далее к полям. Двумя арочными мостиками она перекидывается через овраги, спускающиеся к реке. Склон берега и нижняя прибрежная зона имеют ландшафтную планировку с небольшим числом троп и дорожкой вдоль берега реки. Здесь же располагался «рыбный пруд» (не сохранился). Его чаша находилась несколько выше уровня

Десны. Дорожка соединяла пруд с поперечной аллеей и далее, в правой части парка, выходила на подъездную дорогу к мосту.

Таким образом, архитектурно-планировочная композиция парка логично сочетает регулярные устройства с «натуральными», четкие прямые аллеи, «зеленые залы» и «кабинеты» – с вьющимися дорожками, со свободной планировкой, приближенной к живой природе. Центр композиции – «зеленый зал» цветочного партера перед домом усадьбы. Парк в Хотылеве – единственный пример в Брянском крае террасного прибрежного парка со своеобразной планировкой, активно включающей в свою композицию внешние виды отмеченных незаурядной красотой окрестностей. Разработанные эскизы, дополненные предложениями по реставрации архитектора В.Н. Городкова (1980-90 гг.), а также последующие уточнения планировки территории дают основания к полной и всесторонней реставрации его территории.

Парк усадьбы в селе Хотылеве и сохранившиеся его сооружения, ныне являющиеся памятниками истории и культуры и находящиеся под охраной государства, позволяют восстановить былую красоту этого прибежища искусства на брянской земле в первозданном виде.

Б.П. ШАВЫРИН – ПЕРВЫЙ ГЛАВНЫЙ АРХИТЕКТОР Г. БРЯНСКА

Городков А.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ),
Ильченко Е.С. (Ассоциация СРО БРОП, г. Брянск, РФ)

Имя Бориса Петровича Шавырина (1901-1961) в истории проектно-строительного дела Брянска занимает особое место. Первый главный городской архитектор, организатор и создатель первых проектных организаций города, автор ряда зданий, украшающих центр Брянска и книг о градостроительстве, руководитель послевоенного восстановления, разрушенного войной города, наставник первых брянских архитекторов, депутат трех созывов городского совета... К сожалению, имя архитектора Шавырина сегодня в значительной степени незаслуженно забыто. Память о зодчем, отдавшем всю свою жизнь творческой и организаторской работе на Брянской земле, не должна угаснуть.

Годы учебы. Б.П. Шавырин родился в 1901 году в Дятькове в семье лесничего. После смерти отца в 1908 году жил некоторое время у старшего брата под Ленинградом, а потом вновь возвратился в Дятьково. В 1919 г. поступил в Брянское механико-техническое училище. Продолжил обучение в Ивановском политехническом институте, а через год, в 1924 г. поступил на архитектурный факультет Московского высшего художественного института (ВХУТЕИН) [8].

Трудно переоценить значение первого высшего художественного учебного заведения советского государства. С реорганизацией всей системы художественного образования (1917 г.) во многих городах были созданы учебные заведения нового типа – свободные государственные художественные мастерские (СГХМ), где каждому студенту предоставлялось право учиться в мастерской избранного им руководителя, участвовать в органах управления.



Борис Петрович Шавырин

У нас нет точных сведений об учителях будущего архитектора. Но, в конце 1920-х годов на архитектурном факультете ВХУТЕИНА преподавали легендарные архитекторы, художники и искусствоведы – А.В. Щусев, Н.А. Ладовский, И.А. Голосов, К.С. Мельников, В.В. Кандинский, Д.Н. Кардовский, Л.М. Лисицкий, А.М. Родченко, В.Е. Татлин, В.А. Фаворский. Архитектурный факультет возглавлял академик И. В. Жолтовский. Нет сомнений, что Б.П. Шавырин получал образование «из рук» великих мастеров, имена которых стали гордостью советского и мирового искусства.

Учёбу во ВХУТЕИНе Борис Петрович совмещал с театральной школой В.Э. Меерхольда, интересовался театральной и художественной жизнью столицы. Будучи студентом, он участвовал в театральных спектаклях, создавал эскизы костюмов и декораций.

Первая самостоятельная авторская работа Бориса Шавырина после окончания вуза – проекты жилых домов в Тихвинском переулке Москвы (в соавторстве с архитектором П.Киселевым) [2].

Дятьковский период. В 1929 году молодой архитектор возвращается в Дятьково, где начинает работу с должности главного городского архитектора, затем руководит конторой «Запстройтреста», УКСом хрустального завода.

Период работы архитектора в Дятькове до настоящего времени был неизвестен. Однако, за относительно короткий период времени (1929-1936 годы) Шавырин не только руководил строительным комплексом города, но и активно работал творчески.

Дятьково, начала 1930-х года – развивающийся город, градообразующей основой которого являлся хрустальный завод – знаменитое наследие мальцовских стекольных заводов. Складывающаяся ситуация в городской застройке требовала срочной разработки генерального плана города. Известно, что до Гипрогора с 1926 по 1930 год разработкой генпланов городов Бюро планировки городов Картоиздательства НКВД РСФСР, а заявку на разработку генплана подавали районные плановые комиссии (райпланы). Горсоветы (в их составе управления главных архитектора городов) готовили исходные данные. Выступая в газете «Фокинский рабочий» [1] со статьей «О планировке города Дятьково», молодой архитектор, озабоченный ситуацией с отсутствием средств на разработку генплана, пишет: *«Без планировки города – город расти не может»*.

К идее единой планировки родного города Борис Петрович возвращается после войны, работая в Брянске. В 1946 году он разрабатывает проект планировки Дятьково. Основываясь на исторически сложившейся планировочной структуре рабочего поселка, архитектор подчеркивает его центр, формирует главную площадь и впоследствии определяет масштаб и закрепляет ее положение капитальными жилыми домами и общественными зданиями.

В 1930-е годы Шавырин проектирует в Дятьково несколько жилых домов. Одним из таких домов является четырехэтажный жилой дом горсовета, располагающийся на фланге центральной площади (утрачен в 2000 году). Осуществленный строительством в 1930-1931 годы, он несет в себе стиливые черты постконструктивизма, прост и скромен в решении главных фасадов. В архитектурном образе здания выразительны профили венчающего карниза, широкие пилястры простенков и междуэтажный карниз, выделяющий первый этаж, в котором широкие окна соответствуют торговым залам магазинов. Поле стены первого этажа рустировано – оштукатурено с имитацией швов ровной каменной кладки (русты). В 1932-1936 годы возводятся еще три капитальных жилых дома, в т.ч. с применением ксилобетона. Образ этих зданий достаточно скромный, соответствует их размещению в удалении от центральной площади. В 1930-е годы город начинает строительство и благоустройство рекреационных участков, где возводится летний ресторан, детский городок. Наряду с малыми формами, Шавырин проектирует главный корпус стекольного завода в Ивоте, детский сад в Фокино, реконструирует вокзал Урицкой железной дороги и клуб в Дятьково, другие объекты. Для совхозов в поселках Фокино и Ивот в 1932 году разрабатывает проекты планировки и застройки.

Неосуществленным авторским проектом Шавырина оказалось приостановленное из-за отсутствия средств строительство здания Дома культуры хрустального завода (1930) [2].

В 1934 году Борис Петрович занимался преподавательской работой – вел строительное дело в Дятьковском стекольно-керамическом техникуме (сегодня – Дятьковский индустриальный техникум).

Опыт руководства строительным производством и архитектурного проектирования в дальнейшем Шавырин использует в г. Брянске.

Работа в предвоенном Брянске. Эвакуация. В 1937 году Б.П. Шавырин назначается главным архитектором г. Брянска. Довоенный Брянск интенсивно строился, одно за другим возводились школьные здания (нынешние школы № 1, 2 и 9), детские дошкольные учреждения, жилые дома с интересными архитектурными решениями в стиле постконструктивизма, обустраивались парки и скверы в Брянске и Бежице. За неполное пятилетие до начала войны по проектам Бориса Петровича было построено два жилых дома, здание роддома, обустроены городской парк в Брянске (сегодня – парк-музей им. А.К.Толстого) с летним театром, летний ресторан в Круглом сквере, а также парк культуры и отдыха в Бежице. В 1940 году Б.П. Шавырин преподавал строительное проектирование в Брянском строительном техникуме.

Пока не найдено документальных свидетельств об авторстве одного из лучших зданий довоенной застройки города – жилого дома № 43 по ул. Фокина. Образ здания выдает руку опытного архитектора, умело применившего для декоративной отделки фасадных плоскостей междуэтажные карнизы, гурты, наличники окон. Четвертый, завершающий этаж здания, выполнен оригинально, где архитектором изменен ритм расположения проемов и их размеры. Это придает зданию выразительный образ, характерный для стиля «ар-деко», подчеркивает его значимость в формируемой застройке центра города. При этом вместе

со зданием горсовета удачно формируется ансамбль площади Дома Советов (сегодня – площади Ленина). В списке творческих работ архитектора обозначен [2] «жилой дом, спроектированный при участии арх. Г.А. Гвоздиков и инж. Афанасьева». По времени его постройки (1939-1940 годы) он совпадает с известным фактическим сроком ввода в эксплуатацию жилого дома № 43. Это с большой долей вероятности позволяет нам считать, что речь идет в данном случае об одном и том же объекте.

С началом Великой Отечественной войны Шавырин находился в Брянске, где руководил службой убежищ и укрытий. Осенью 1941 года Б.П. Шавырин вместе семьей был эвакуирован г. Усть-Катав Челябинской области. Здесь с декабря 1941 по май 1944 года Борис Петрович работает на заводе № 13 НКВД (эвакуированный из Брянска завод им. С.М. Кирова) сначала в должности начальника проектного отдела, а затем – главного архитектора завода. Проектирует и строит жилье и столовую для работников наркомата, реконструирует клуб завода.

В Усть-Катаве до сих пор украшает город «Брянский мост» через реку Юрюзань, построенный в 1943-1944 годы. По свидетельству В.К. Пипченко в его проектировании и строительстве принимали участие специалисты и рабочие из Брянска. С большой долей вероятности можно предполагать, что Б.П. Шавырин будучи с 1942 по 1944 год главным архитектором завода № 13 НКВД, принимал активное участие в обеспечении качества и сроков строительства моста.

В 1945 году архитектор Шавырин был удостоен медали «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Восстановление Брянска. В 1944 году Б.П. Шавырин возвращается в Брянск для руководства работой по восстановлению разрушенного войной города в должности городского архитектора.

Героическая работа городских организаций и всего населения города заслуживает отдельного разговора. Начинать эту работу пришлось почти с нуля. К 1946 году в городе было всего две строительные организации – тресты «Брянскстрой» и «Горремстрой» с общей численностью рабочих 440 человек [9]. Остро ощущался дефицит строительных кадров. Работа по реализации постановления Обкома ВКП(б) от 28 ноября 1945 года по восстановлению Брянска велась с большим трудом. Важно было обеспечить все строительные работы технической документацией, но подготовленных кадров для проектной работы также не было. В 1946-1948 годы на общем контроле городского архитектора находилось более 50 объектов капитального жилого, коммунального и административного строительства и ремонта. В их числе наиболее ответственные – драмтеатр (непосредственный контроль за ходом работ осуществлял Б.П. Шавырин), строительство здания областного комитета ВКП(б) – по авторскому проекту Б.П. Шавырина, кинотеатр «Октябрь», здание цирка, дом народного творчества...

Последние архивные исследования дают возможность осознать масштаб деятельности Б.П.Шавырина в первые послевоенные годы, раскрыть истинную картину градостроительной ситуации в Брянске в период 1944-1959 годов. Работая с архивной документацией Управления главного архитектора города, которое возглавлял Борис Петрович Шавырин с 1944 года, удалось, прежде всего,

ознакомиться с ранее не опубликованными материалами по разработке, рассмотрению и утверждению генерального плана г. Брянска 1946 года (переписка, протоколы совещаний, правительственные постановления и пр.). Организация разработки генерального плана (1945-1946 годы) в качестве заказчика лежала на главном архитекторе города. Проект генерального плана разрабатывала авторская группа государственного проектного института «Гипрогор» (Российский институт градостроительства и инвестиционного развития ОАО «Гипрогор») под руководством архитекторов В.А. Пашкова и Ф.И. Янсона. При этом генеральный план планировки охватывал не только город Брянск с тремя районами (Советским, Володарским и Фокинским), но и город Бежица, являвшимся с 1944 г. районным центром Брянской области.

Как гласит Сводное заключение экспертной комиссии (в нее входил и Б.П.Шавырин) по генеральному плану планировки городов Брянск и Бежица от 29 марта 1945 года: *«К основным достоинствам проекта надо отнести максимальный учет существующей сети кварталов и возможность осуществления в натуре без больших сносов. Одобрить композиционную схему по организации центра г. Брянска, заключающуюся в создании нового центра системы площадей с Советской улицей, как на парадной магистрали и главной магистрали города улицы имени Фокина с двумя мостами через овраги-Судки. Особо отметить оформление центра башней со шпилем и тем самым создание доминанты в силуэте города...»* [3].

Возможно, вследствие необходимости общего руководства разработкой комплексного генплана, Б.П.Шавырин в 1946 году был назначен начальником отдела по делам архитектуры при Брянском облисполкоме.

В апреле 1946 года Комитет Брянского областного совета депутатов, трудящихся и обком ВКП(б) принимает решение [3] *«согласиться»* с представленным Гипрогором проектом планировки города Брянска и Бежицы и просить Совет Министров СССР утвердить с учетом ряда положений, суть которых, в основном, заключалась в выносе за пределы городской черты объектов, находящихся в ведении Министерства обороны СССР (складов) *«с целью использования этих территорий под гражданское строительство города»*. Кроме того, предлагалось *«территорию военного аэродрома в городе Брянске использовать под гражданский аэропорт»* (только в начале 1960-х Брянский военный аэродром закончил своё существование и был передан Брянскому объединённому отряду гражданской авиации). Предполагалось, также, вынести из центра города (пл.К.Маркса) ликероводочный завод на новую промплощадку, а из Володарского района – пиво-солодовый завод.

Одним из существенных предложений к генплану было введение запрета в районах города, подвергающихся затоплению паводком, не только на новое строительство, но и на восстановление зданий, разрушенных войной. В Брянске – это Верхняя и Нижняя Заречная Слобода в районе дамбы на Брянск-1 и посёлок Урицкий (сегодня – Володарский район); в Бежице – Самара-Радица и Крыловка (сегодня – пос. Радица-Крыловка).

Постановлением Совета Министров РСФСР от 11 августа 1946 года № 523 генеральный план г. Брянска (основной чертеж, генеральный план, опорный

план регулирования застройки и землепользования города, план прилегающих к городу районов, схемы строительного зонирования, основные положения) был утвержден.

Следует заметить, что основные положения генплана 1946 года [3] читаются как увлекательный рассказ-экскурсия. Со страниц официального документа предстают картины красивого, уютного города, утопающего в зелени парков, скверов, бульваров, с набережными, лесопарковой зоной в пойме Десны, большим ботаническим садом (в районе Городища), благоустроенными оврагами, с новыми магистралями, площадями и транспортными коммуникациями – мостами через овраги (до войны их не было), трамвайными линиями и представительными железнодорожными вокзалами...

В 1946 году Шавырин (в соавторстве с писателем, журналистом В.Я. Соколовым) издает «Краткий очерк о прошлом и настоящем старейшего русского города Брянска» [4], где в свойственном ему романтическом духе описывает будущее возрожденного из руин любимого города – города мечты. Эта небольшая брошюра на серой газетной бумаге, вышедшая в издательстве «Брянского рабочего» ограниченным тиражом, известна краоведам, интересующимся градостроительной историей Брянска. И сегодня, ознакомившись с архивными материалами генплана города, видим, что это была не фантазия главного архитектора, а реальные проектные решения, которые, к сожалению, не все осуществлены...

Знаменательно, что мероприятия по благоустройству и озеленению города вошли в перечень первоочередных мероприятий, наряду с восстановлением разрушенных и строительством новых *«3-4 этажных жилых и общественных зданий по главенствующим магистралям и площадям города: ул. Фокина, Советской, Ленина, III-го Интернационала, Васильева, Луначарского, Октябрьской, пл. Дома Советов и К. Маркса»*, а также *«2-3 этажных жилых и общественных зданий в кварталах, тяготеющих к центру города в соответствии со схемой первоочередного освоения территорий»* [3].

Из архивных документов известно, что экспертизу раздела «Озеленение» [3] генерального плана Брянска осуществлял ботаник-дендролог, в те годы доцент Брянского лесотехнического института Б.В.Гроздов (будущий заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор биологических наук, профессор).

В 1950 году, в связи со сложившейся градостроительной ситуацией, Б.П. Шавырин руководил переработкой генерального плана Брянска на основе генплана, разработанного Гипрогором и утвержденного 11 августа 1946 года. В состав его бригады вошли архитекторы «Брянскапроект» В.Н. Городков и Н.В. Куспак.

Параллельно с проектированием генерального плана Брянска и Бежицы в 1946 году в Гипрогоре по заданию Брянского горсовета и управления главного архитектора города (Б.П. Шавырин) идет активная работа по разработке проекта планировки и застройки (ППЗ) центра Брянска. Автор проекта – член-корреспондент Академии архитектуры СССР М.П. Парусников.

В феврале 1946 года Б.П. Шавырин выезжает в Москву, где 7 февраля присутствует на совместном заседании Комитета по делам архитектуры при СНК

СССР и Коллегии Управления по делам архитектуры при СНК РСФСР, под председательством А.Г. Мордвинова – главы Комитета по делам архитектуры, где рассматриваются проектные материалы по центру города Брянска. После обмена мнениями постановили: *«С принципом решения проекта центра г. Брянска согласиться, предложив автору проекта дать более спокойное решение улицы на подходах к площади»* [3]. М.П. Парусникову было поручено *«составление эскизных проектов по проектам Дома Советов и техникума»*. Разработку рабочих чертежей по техникуму оставили за Росгражданпроектом (*проект был разработан в 1948 г., но не осуществлен*). Главному архитектору Брянска Б.П. Шавырину было *«предложено»* в целях сокращения сроков проектирования представить *«обмеры и фотографии всех зданий (помимо имеющихся), необходимые для решения центра»*.

Б.П. Шавырин ведет интенсивную переписку с автором проекта и его руководством, проводит совещания с приглашением всех заинтересованных служб города и области в связи с необходимостью согласования с автором ППЗ разрабатываемых проектов отдельных зданий и сооружений.

После внесения изменений по ряду замечаний, высказанных «Архитектурной комиссией» под руководством Б.П. Шавырина, касающихся облика новой центральной площади, исполком Брянского горсовета решением от 1 ноября 1946 года утвердил проект планировки и застройки центра города Брянска.

Градостроительная дисциплина в те годы высоко осознавалась и обеспечивала воплощение генплана и проекта планировки и застройки центра города в конкретной застройке. Реализация проекта планировки и застройки центра Брянска началась с площади Карла Маркса. Первым на площади начали строить административное здание обкома ВКП(б) – сегодня в этом здании размещается областная дума. Проект был разработан в 1946 г. Б.П. Шавыриным в соавторстве, согласно архивным документам [3], с архитектором Плотницким. Здание сдано в эксплуатацию в 1949 году.

В этом же году Гипрогор приступает к разработке проекта «Комплекса гостиницы на 202 места пл. 59235 м² и библиотеки на 50000 томов на площади К.Маркса», проектируемой на основе реконструкции разрушенного Клуба завода им. Кирова (автор проекта архитектор Д.Истомин). Но первоначальный вариант комплекса был отклонен экспертной комиссией Управления по делам архитектуры при Совете Министров РСФСР с известным советским архитектором, академиком Архитектуры СССР Я.А. Корнфельдом во главе. Гипрогору было рекомендовано *«усилить авторскую бригаду и обеспечить проектирование авторской консультацией»* [3].

Результатом переработки стал проект Гипрогора «Областная библиотека на 570 тыс. томов, пл. К.Маркса. 1947 г.», автор проекта – архитектор П.В.Кумпан [1]. Однако проект не удовлетворил экспертов. И только в 1951 году Б.П. Шавырин разрабатывает новое Архитектурно-планировочное задание (АПЗ) на составление проекта здания библиотеки, которое можно считать концепцией застройки площади Карла Маркса [3].

Интересен стиль текста АПЗ, мало похожий на официальный, что характеризует Бориса Петровича как творческого человека, архитектора-художника, а

не просто чиновника. Согласно проекту планировки и застройки центра Брянска площадь *«имеет несколько интимный характер и является связующим звеном в системе площадей, располагающихся по ул. Советской, которая сама по себе трактуется, как парадно-пешеходная улица без транзитного движения. Сама площадь занята круглым сквером с высокорослыми древесными насаждениями, отделенными от площади по кругу металлической оградой»*.

Сложность архитектурного решения внешнего облика здания библиотеки обуславливалась разнотипностью архитектуры окружающей площадь застройки. Заложенная в АПЗ центра идея входа на площадь со стороны «винного замка» и здания обкома ВКП(б) в АПЗ изложена следующим образом: *«Юго-западная сторона площади застроена зданиями, выполненными в коринфском ордере, причем портики в торцах этих зданий, выходящих на ул. Советскую, образуют как бы пропилены, через которые открывается вид на дали Заречья»*. Если мы посмотрим на известный рисунок – перспективу застройки «речного фасада» Брянска (ул. Луначарского и ул. Советской) архитектора-художника А.Э.Фридмана, то поймем, о чем идет речь. По задумке архитекторов восточная сторона улицы Луначарского, обращенная к реке, должна была превратиться в прогулочную аллею, у подножья которой располагается зеленый партер города.

Идея входа на площадь через пропилены не была воплощена, иначе бы мы сегодня не имели памятника архитектуры конца XIX века – «винного замка», который собирались «одеть в формы коринфского ордера». Читаем далее: *«Северный угол площади занят зданиями поликлиники и почты, сделанными в духе конструктивизма, которые и после предполагаемой реконструкции не смогут получить чисто ордерной системы»*. Одна из главных идей (концепция), предлагаемая главным архитектором – *«..общий мотив решения застройки площади, очевидно, должен быть выдержан в духе принципов модернизированной классики»*.

Западный угол площади предназначался для строительства гостиницы, примыкающей через арку к зданию библиотеки. Отказавшись от проекта гостиницы, разработанного Гипрогором (так же, как и от проекта библиотеки), управление главного архитектора заказало проектную документацию в проектной конторе «Брянскоблпроект». Авторами проекта библиотеки стали архитекторы В.Н. Городков и А.Э. Фридман, а проекта гостиницы (на месте бывшего здания городской управы и пожарного депо) – архитектор А.А. Саломахин. Также в комплекс новых зданий вошло здание редакции газет (автор проекта – архитектор А.Э.Фридман), непосредственно примыкающее к зданию библиотеки со стороны ул.К.Маркса, и *«фактически составляющее с ней одно целое в архитектурном отношении»*.

Но вернемся к АПЗ: *«...застройка эта в конечном итоге должна быть ансамблевой и все ...отмеченные сложности должны быть учтены при разработке проекта библиотеки. Все требования в части благоустройства должны соответствовать требованиям, предъявляемым к улицам и площадям I класса в центральной части города. Никаких деревянных сооружений, в том числе и оград, естественно, не допускается»*.

Не забыты и дворовые фасады здания библиотеки: *«Необходимо учитывать, что здание своими дворовыми фасадами будет выходить в городской сад общественного пользования, - почему решение хоздвора требует учесть это обстоятельство и оформление его (в ограде и т.п.) должно найти свою соответствующую парадность»*.

Итак, основная концепции застройки площади Карла Маркса: ансамблевая застройка *«в духе принципов модернизированной классики»* с благоустройством «по 1 классу». А теперь вспомним известный многим рисунок-перспективу «Проект застройки площади Карла Маркса» В.Н.Городкова. Прочитав приведенный выше документ, становится понятно, что на нем изображено.

То ли времени не хватило реконструировать все старые постройки в духе официального архитектурного стиля, который в конце 1950-х прекратил своё существование, то ли творцы послевоенного Брянска, во главе с его главным архитектором, вовремя осознали ошибочность принятой в 1951 году концепции застройки площади, но в любом случае мы, живущие в XXI веке, должны быть им благодарны за самую красивую площадь города.

Авторские работы в послевоенном Брянске. Сегодня, проходя по обрамленной березами улице Октябрьской, в глубине двора можно рассмотреть двухэтажный особняк под номером 45. Теперь здесь детский сад. Уютный коттедж был построен по проекту архитектора-художника Б.П.Шавырина для первого секретаря областной партийной организации. Проектирование коттеджа велось одновременного с разработкой другого авторского проекта – административного здания обкома ВКП(б). Ко времени окончания строительства (ориентировочно – 1948 г.) областную партийную организацию возглавил А.Н.Егоров. В ГАБО хранится дело «Двухэтажный кирпичный жилой дом типа «Коттедж» [5]. Это техническая документация на строительство коттеджа, утвержденная Бюро экспертизы при отделе по делам архитектуры Брянского облисполкома 22 декабря 1945 года. Технический надзор за строительством осуществляла инженер Горжилуправления В. Архангельская (впоследствии – заместитель главного архитектора города). Если чертеж одного из фасадов коттеджа был известен и ранее, то с остальной документацией знакомимся впервые, в том числе, чертежом фасада в цвете.

Из архивной документации узнаем, что в проектировании коттеджа принимал участие ботаник-дендролог, доцент Лесотехнического института Б.В. Гроздов. С 1944 года в центре Брянска, на площади около 1 га, Б.В. Гроздов создал ботанический или, так называемый, «Мичуринский сад» (с 1964 г. – Ботанический сад имени Б. В. Гроздова). В связи с тем, что участок коттеджа примыкал непосредственно к территории ботанического сада, Борис Владимирович сам составил *«Черновой набросок усадьбы дома обкома ВКП(б)»* и *«Черновой схемчертеж озеленения дома обкома ВКП(б) по ул. Октябрьской»*. Не может не поражать роскошь усадьбы, утопающей в зелени фруктовых деревьев, ягодных и декоративных кустарников. Здесь и детская площадка, и беседка, и огород, и цветники, и живая изгородь. Не менее комфортна и внутренняя планировка дома – всё продумано до мелочей. На 1-м этаже – просторный холл, небольшой каби-

нет, затем гостиная и столовая, рядом – остекленная веранда с цветными витражами; хозяйственные помещения, выходящие на хоздвор – большая кухня с холодными и теплыми кладовыми, санузел и комната домработницы. На втором этаже две детские и спальня родителей, санузел, душ и ванная, кладовые. Внешний облик здания, всё в тех же «формах коринфского ордера», пленяет изяществом и сомасштабной человеку архитектурой, и скорее напоминает палаццо где-то на берегу Средиземного моря. Нужно было обладать недюжинным воображением и талантом, чтобы создать в ещё полуразрушенном городе среди деревянной частной застройки без элементарных удобств такое изумительно красивое жилое здание.

До войны сегодняшний парк-музей им. А.К.Толстого называли центральным городским парком (или садом). Открытый в мае 1936 года, парк был всегда излюбленным местом отдыха горожан. Интересно, что уже в октябре 1943 года, сразу после освобождения Брянска, по инициативе командования 9-й зенитно-стрелковой дивизии силами бойцов 64-го запасного стрелкового полка в парке был наведен «капитальный порядок» – расчищены завалы, построена сцена, установлены скамьи. В эти дни в парке проходили первые торжества, перед горожанами играли военные оркестры, выступали агитбригады и самодеятельные коллективы. Поэтому не удивительно, что восстановление городского парка было включено в первоочередные мероприятия по реализации генерального плана Брянска.

Архивное дело за № 274 фонда Управления главного архитектора города «Работы по восстановлению парка культуры и отдыха. Брянск 1946 г.» [6]. Это одна из интереснейших архивных находок, где совершенно неожиданно для исследователей деятельности и творчества Бориса Петровича Шавырина открывается ранее не известный авторский проект сооружений городского парка: генплан, чертежи, шаблоны, рисунки. Генпланом обновленного парка, разработанным Б.П.Шавыриным были предусмотрены: входные и запасные ворота, открытый летний театр, танцплощадка с беседкой для оркестра, ресторан, различные киоски, игровые площадки для крокета и качелей, теннисный корт, тир, детская площадка, вазы и парковые скульптуры, хозяйственные и административные постройки, а также футбольное поле и трибуны стадиона, прилегающие к территории парка.

В состав территории парка вошло сохраненное здание бывшей церкви Рождества Пресвятой Богородицы, которое после войны использовалось как спортзал. В начале 1950-х годов, благодаря архитектору Г.А.Ефимову, проводившему обследование здания церкви, удалось отстоять сохранение купола. А в 1955 году по проекту архитектора А.Е.Певцова здание было реконструировано, и на куполе появился бельведер со шпилем, демонтированный в 1990-е годы [7].

Авторский проект Шавырина –деревянные сооружения (входные ворота, открытый театр, беседка для оркестра, типы ограждений дорожек и площадок), выполненные в стиле, характерном для парковых сооружений в 1940-е годы с богатым декором в виде советской символики. В 1947 году Шавырин отчитывается перед руководством города об исполнении первой очереди восстановления парка [3].

Все ли деревянные сооружения были построены, сейчас сказать трудно, но сохранилась фотография «шавыринских» ворот, которые просуществовали недолго. А танцплощадку помнят ещё и в 1980-е годы.

В 1949 году по проекту А.А. Саломехина, был построен тоже деревянный закрытый летний театр с прекрасной акустикой, простоявший до 1970-х годов. В эти же годы архитектором З.И.Озеровой, коллегой Шавырина и Саломехина, были запроектированы красивый фонтан и благоустройство территории парка [10]. В парке появились гипсовые вазы и парковая скульптура. Такова история послевоенного восстановления городского парка.

Велика роль главного архитектора города и в формировании коллектива профессиональных архитекторов, в становлении проектного дела. В 1944-1946 годы формируется архитектурно-планировочная мастерская «Брянскархпроект», для руководства которой Б.П. Шавырин приглашает М.С. Розовского. Из Гипрогора приезжают в Брянск архитекторы А.Э. Фридман и З.И. Озерова, несколько позднее в составе «Брянскархпроекта» начинают работать молодые выпускники столичных архитектурных вузов – А.А. Саломехин, В.Н. Городков и Н.В. Куспак. Совершенствуются в профессиональном мастерстве и местные кадры – А.И. Гуров, Г.А. Гвоздилов, Р.В. Рейшер, А.Е. Певцов.

Огромная организаторская работа главного архитектора отнимала значительную часть времени у архитектора. Но именно в эти годы Шавырин реализует свои авторские проекты. Мы уже упомянули здание областного комитета ВКП(б) (ныне облдума). Кроме того, это жилые дома УВД по ул. Фокина, жилой дом по ул. Горького и К. Маркса и др. Архитектура этих построек подтверждает несомненный талант их создателя, глубокое понимание им архитектурной классики.

Внешняя архитектура административного здания обкома ВКП(б) воскрешает традиции русского классицизма первой трети XIX века. Главный фасад здания, обращенный к площади, выполнен близко к классическим образцам. Его центр выделяется традиционным портиком над главным входом с шестью коринфскими колоннами, который придает зданию общественный, представительный характер. Постройка здания продолжила формирование одной из центральных площадей города – им. К.Маркса (бывшая Красная).

Еще одна интересная работа архитектора – жилой дом по ул. Фокина. Расположенный на крутом склоне улицы среди старой застройки он удачно вписан в историческую среду. Главный вход в здание подчеркнут балконом второго этажа и аттиковым завершением поля стены выше уровня венчающего карниза (к сожалению, сегодня здание находится в аварийном состоянии). Это здание – хороший поучительный пример современным зодчим, которые стремясь реализовать свои честолюбивые планы, часто уродуют историческую сложившуюся архитектурную среду города.

Послевоенный Брянск, никогда не имевший транспортных коммуникаций через овраги Нижнего и Верхнего Судков, получил капитальные деревянные мосты. Проект моста через Нижний Судок, возведенный в 1945-46 годы военными строителями Главного дорожного управления Красной Армии, был разработан Б.П.Шавыриным в соавторстве с архитектором Э.М.Кодниром (в 1944 году начальник отдела по делам архитектуры Брянского облисполкома) [2].

В связи с дефицитом архитектурных кадров, главному архитектору города приходилось браться за разработку любого проекта. Так им были разработаны проекты 2-х этажных жилых домов Брянсстройлеса, Главснаббита, УВД, Белобережской ГРЭС и др., контора Маслопрома, спортзал на ул. Советской, и даже проект реконструкции электростанции в Брянске.

Уже на исходе жизни за многолетнюю деятельность в градостроительстве на благо родной Брянщины Борис Петрович Шавырин был удостоен ордена «Трудового Красного знамени».

Б.П. Шавырин обладал не только талантом зодчего, но был и широко эрудированным в культурном отношении человеком. Знал, ценил и практически всю свою жизнь любил театр. Обладая тонким художественным вкусом, артистическим талантом, Борис Петрович еще с 1920-х годов постоянно публиковал в «Брянском рабочем» рецензии на театральные постановки [8].

Подчеркивая вклад зодчего в застройку послевоенного Брянска, хочется верить, что придут времена, когда благодарные жители города, осознают необходимость увековечивания памяти о нем. И на одном из зданий, построенном архитектором, будет открыта мемориальная доска, посвященная памяти Б.П. Шавырина, или его именем будет названа одна из новых улиц Брянска.

Наши архивные исследования 2016-2018 годов дают возможность ещё больше осознать масштаб деятельности Б.П.Шавырина в первые послевоенные годы, раскрыть истинную картину градостроительной ситуации в Брянске в период 1944-1959 годов, а также расширить сведения об объектах, построенных по его проектам. На сегодняшний день работа краеведов продолжается.

Список литературы

1. О планировке города Дятьково// Фокинский рабочий. – 03.12.1930. С.3.
2. Фонды Брянского областного краеведческого музея. «Личный листок члена Союза советских архитекторов СССР». Шавырин Борис Петрович, 1946 г. (БОМ 5262-29).
3. ГАБО.Ф.Р-2846.ОП.1.Д.8. Материалы по благоустройству и восстановлению г. Брянска (протоколы заседаний, постановления, переписка). – 1946.
4. Краткий очерк о прошлом и настоящем старейшего русского города Брянска / В. Соколов, Б. Шавырин. – Брянск: Изд-во газ. "Брянский рабочий", – 1946 (тип. облупр. полиграфии и изд-в). – 39 с.
5. ГАБО.Ф.Р-2846.ОП.1.Д.96. 2-х этажный кирпичный жилой дом типа «коттедж» по ул. Октябрьской, г. Брянск. Чертежи. Горжилуправление, – 1946.
6. ГАБО.Ф.Р-2846.ОП.1Д.274. Работы по восстановлению парка культуры и отдыха, г. Брянск. – 1946.
7. История одной улицы, или Брянская «золотая миля». Виртуальная экскурсия/СРО НП «Брянское Региональное Объединение Проектировщиков». – Сост.: Ильченко Е.С., Городков А.В. – Брянск: Читай-город, 2015. – 48 с. – С. 37-39.
8. Творцы послевоенного Брянска. Зодчие 40-50-х годов XX века/Сост.: Городков А.В., Ильченко Е.С. – Брянск, 2015, – 2-е издание, – 32 с.
9. Зодчие нашего города. Первый главный архитектор города// «Брянский проект». – 08.06.2012. – №5, С.3.

КОМПЛЕКСНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУПЕЧЕСКОГО ДОМА С МЕТОПНЫМ ФРИЗОМ СЕРЕДИНЫ XIX ВЕКА В Г. БРЯНСК

Перов А.П., Подгорная И.О. (ФГБОУ ВО БГИТУ, г. Брянск, Россия)

Статья отражает результаты комплексных историко-архивных и архитектурных исследований памятника истории и культуры середины XIX века в Брянске. Проведены исследовательские работы, которые позволили выполнить архитектурные обмеры, установить основные строительные периоды; определить материал и техническое состояние конструкций. Представлены выводы и рекомендации для обеспечения сохранности и приспособления здания к современному использованию.

The article reflects the results of complex historical, archival and architectural studies of the historical and cultural monument of the middle of the XIX century in Bryansk. Research work was carried out, which allowed to perform architectural measurements, to establish the main construction periods; to determine the material and technical condition of the structures. Conclusions and recommendations to ensure the safety and adaptation of the building to modern use are presented.

Комплексные научные исследования на объекте – памятнике истории и культуры «Одноэтажный деревянный дом», сер. XIX века (Дом с метопным фризом) в Брянске проведены для разработки проекта реставрации и приспособления под современное использование. Натурные исследования (выполнение обмеров, визуальное обследование, выявление утрат декоративных элементов, фотофиксация) выполнены в августе 2018 года, на основании которых были выполнены обмерные чертежи. [1, с.111]

Целью исследований являлся анализ и выявление сохранившихся, утраченных, видоизмененных деталей и конструкций, уточнения подлинности архитектурных элементов памятника, фиксация аутентичности декора; определение возможности сохранности, историчности, подлинности; изменений, замещающих или дополняющих объект культурного наследия; определение корректной возможности приспособления для современного использования.



Рисунок 1 – Фото объекта до пожара - 2011 г.



Рисунок 2 – Фасад по ул. Репина - 1941 г.

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

Сведения о дате создания исследуемого объекта относят к середине XIX века. Дом принадлежал брянскому роду купцов Комаревых по адресу: «Красный переулок, 1» и располагался на пересечении улицы Трубчевской (современное название – ул. Красноармейская) и Красного переулка (ул. Репина), который исторически являлся тупиковым, ограниченным судками с обеих сторон. Здание представляет собой одноэтажный деревянный объем, прямоугольный в плане с хозяйственными постройками. Объемно-планировочная композиция усложнена прямоугольным северо-восточным пристроем и хозпостройками второй половины XX века. Фотографии объекта представлены на рисунках 1-2.

Прямоугольный в плане объем с высоким цоколем и вальмовой кровлей главным фасадом в десять оконных проемов вытянут вдоль Красноармейской ул., а коротким торцом в три окна с входной пониженной пристройкой обращен к ул. Репина. В наружном убранстве фасадов главную роль играют рисунок тесовой обшивки и рамочные наличники окон со спусками боковых сторон до цоколя и треугольными щипцовыми фронтонами, украшенными рельефными розетками. На углах и напротив внутренней стены в левой части фасада помещены тонкие пилястры, подоконники соединены пояском. Необычен метопно-триглифный фриз под сильно вынесенным карнизом с подзором: его стилизованные квадратные метопы с розетками, окаймленные рамкой, напоминают ширинки [2, с.109-110].

Первоначальное функциональное назначение – жилое. После революции использовался в общественных целях: библиотека, прачечная, детский сад, торговые и офисные помещения. С 2013 года по настоящее время здание не эксплуатируется, 15.09.2016 г. был пожар.

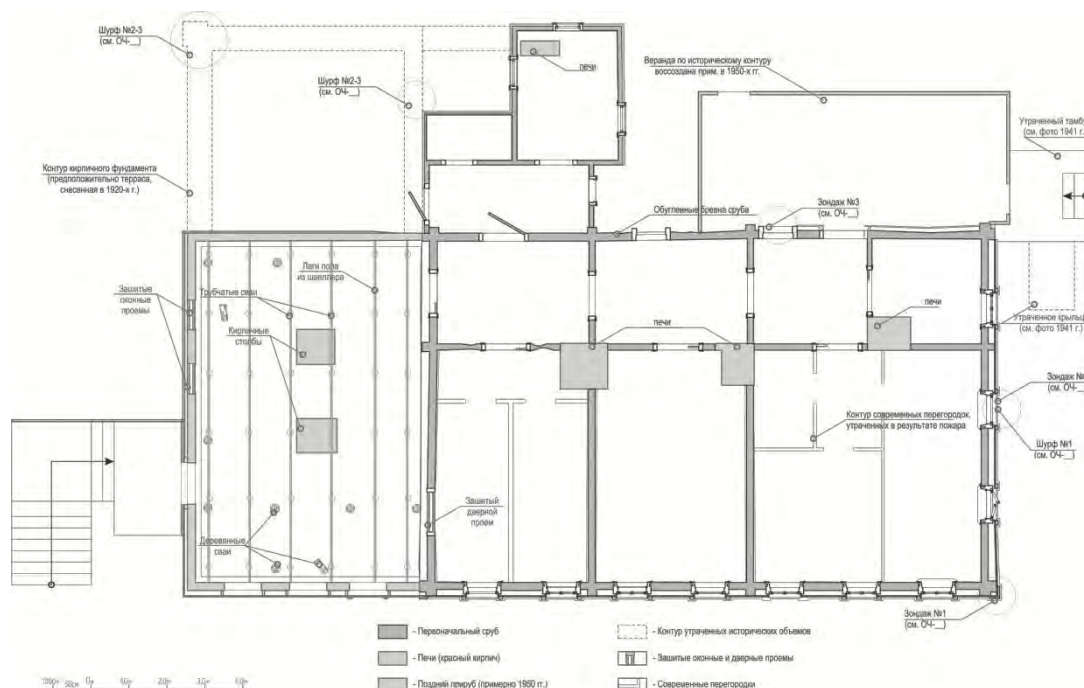


Рисунок 3 – План на отм. 0.00 (обмерный чертеж)

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

Основные габариты здания – $9,7 \times 22,5 \times 5,2(h)$ м; общая площадь – $219,2 \text{ м}^2$; физический объём – 1144 м^3 (до венчающего карниза). С юго-восточной стороны сохранился кирпичный контур фундамента террасы в размерах $5,8 \times 9,3$ м и дубовое свайное «поле» в размерах $6,5 \times 9,0$ м.

В середине 1940-х гг. к восточному фасаду был пристроен объём в три оконных проема, полностью повторяющий декор первоначального объёма здания, объединенный в единую вальмовую кровлю. В этот период терраса была утрачена. Позднее был выполнен ремонт и пристройка к дворовому фасаду, проведено водяное отопление. В 2000-х в связи с расширением улиц было утрачено историческое крыльцо с тамбуром. Обмерный чертеж плана и стратификация строительных периодов показаны на рисунке 3.

В ходе проведения натурных исследований были определены материалы и техническое состояние конструкций рассматриваемого объекта.

Фундамент под основным объёмом здания – свайный дубовый, до сих пор сохранил свою несущую способность. Зондажное раскрытие цоколя главного фасада показано на рисунках 4-5. Фундамент под восточным пристроем – первоначально свайный дубовый, позднее выполнено свайное поле из забетонированных металлических труб.

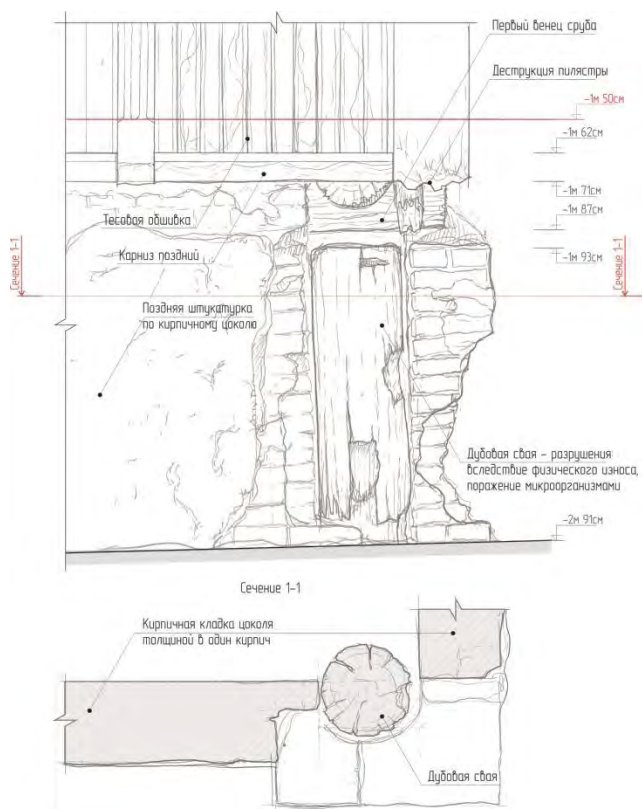


Рисунок 4 – Зондажное раскрытие цоколя главного фасада



Рисунок 5 – Фотофиксация зондажа

Цоколь под основным объёмом здания кирпичный с расшивкой швов, позднее оштукатурен. Толщина кирпичной кладки – 52 см, глубина заложения – 30-40 см. Отмостка – асфальтобетонная, одновременно выполняет роль тротуара по ул. Красноармейской. На остальных фасадах отсутствует.

**Секция 1. Архитектура, градостроительство,
реставрация и охрана историко-культурного наследия**

Стены основного объема срублены из бревен диаметром 24-30 см (сруб в «обло» на мху и бересте). Стены пристроев из бруса – 12×12 см. Обнаружены значительные повреждения и участки с прогоранием и обугленностью.

Крыша над основным объемом здания – скатная вальмовая, с фронтоном над выступающей частью южного фасада. Кровля – современная, из волнистых асбестоцементных листов. Крыши над хозяйственными постройками – односкатные. В настоящее время конструкция кровли утрачена полностью.

Декоративные элементы – тесовая обшивка стен, пилястры, наличники окон со спусками боковых сторон до цоколя и треугольным щипцовым фронтоном, рельефные розетки, метопно-триглифный фриз, карнизы – все имеют профилированные элементы, выполнены из дерева. В силу своего возраста деформировались и утратили четкое единство линий в общем рисунке фасадов. Обмерный чертеж главного фасада показан на рисунке 6.

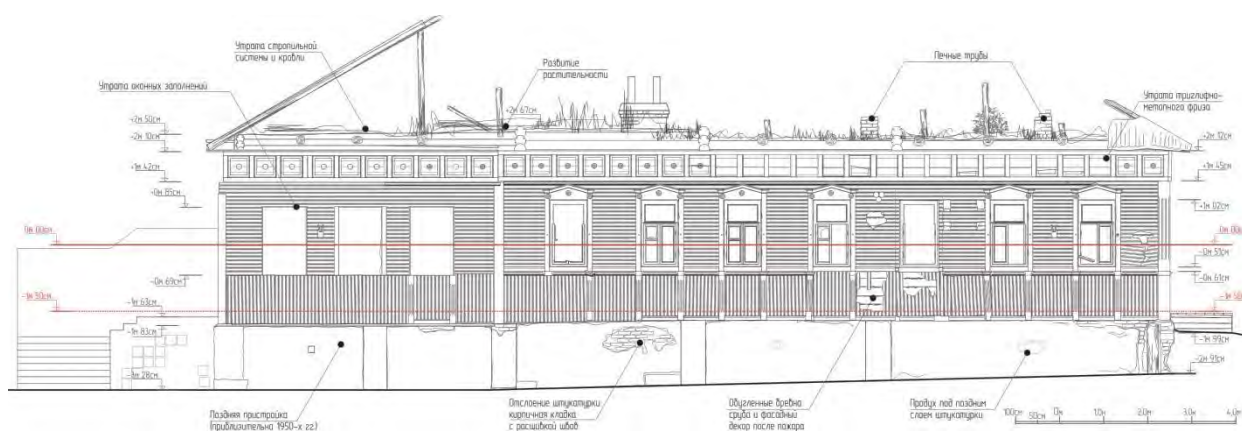


Рисунок 6 – Обмерный чертеж главного фасада по ул. Красноармейской

Отделка наружных стен – окраска (обшивки и декора) масляными эмалями. В 2010 году уличные фасады были окрашены эмалью осветленного теплого медно-коричневого цвета.

Перекрытия деревянные балочные. Чердачное перекрытие над основным объемом здания – из деревянных балок сечением 20×20 см и накатом из досок с соединением в щиты в четверть с утеплением из опилок.

Полы – дощатые, первоначальные, толщиной 65 мм. В поздней пристройке перекрытие пола выполнено по металлическим балкам, полы не сохранились.

Заполнения оконных проемов представляют собой деревянные оконные коробки с двойными раздельными створчатыми рамами. Заполнения дверных проемов не сохранились. Входные двери имеют одно полотно, поскольку сохранились места крепления петель.

Внутренняя отделка стен оклеена значительным слоем бумажных обоев конца XIX века и газет непосредственно на сруб; оштукатурена по дранке и оклеена бумажными обоями. Поздняя отделка выполнена из гипсокартона с последующей покраской. Печи сохранились в первоначальном виде, однако перестали функционировать после проведения водяного отопления. Дымоходные трубы утрачены после замены кровельного покрытия.

Заключение

По результатам проведенных натурных исследований можно сделать следующие выводы:

– в настоящее время по причине отсутствия эксплуатации, ремонтно-реставрационных работ и несоблюдения норм пожарной безопасности здание находится в аварийном состоянии; полностью утрачена стропильная система и кровля. В связи с этим, на стены и перекрытия воздействуют атмосферные осадки, что ухудшает их техническое состояние: перекрытия имеют участки обрушений. Вследствие потери, несущей способности перекрытий здание утратило пространственную жесткость, которую оно имело до пожара;

– зафиксированы следующие изменения в архитектурном облике: утрачено историческое крыльцо с тамбуром; створы филенчатых ставень были демонтированы, поскольку сохранились места крепления петель; кирпичный цоколь с расшивкой швов, был позднее оштукатурен и покрашен; конструкция кровли и дымоходные трубы утрачены полностью. Декоративные детали заменены и утрачены ввиду физического износа: заменены оконные наличники в поздней пристройке и утрачены рельефные розетки метопного фриза с венчающим карнизом и другие элементы декора.

Для обеспечения сохранности памятника архитектуры и его дальнейшей эксплуатации, необходимо выполнить следующие рекомендации:

– воссоздание исторического архитектурного облика и восстановление нормативного технического состояния несущих конструкций;

– приспособление здания к современным противопожарным требованиям с использованием конструктивных негорючих материалов без изменения его особенностей, составляющих предмет охраны;

– приспособление здания под современные нужды с технической модернизацией и полным устройством систем инженерного оборудования и благоустройством территории.

Дом с метопным фризом в настоящее время является одним из последних образцов жилых домов середины XIX века и сохраняет морфотип исторической застройки улицы Красноармейской. Архитектурный элемент «Метопный фриз» является основой его ценности, который неоднократно исполнялся на фасадах городских особняков: «Дом Фокина» по адресу: ул. Фокина, 14; «Дом жилой угловой» по адресу: ул. Калинина 42. Проект реставрации и приспособления позволит памятнику архитектуры соответствовать реалиям XXI века и сохранить традиции и своеобразие городских усадеб в центре Брянска.

Список литературы

1. Копылова Н.С., Корзун Н.Л. Реставрация памятников архитектуры в Иркутске (на примере доходного дома по улице Фридриха Энгельса, бывшей Жандармской) Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 1 (6). – С. 111-125.

2. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России: Брянская область. М.: Наука, 1998. – 640 с.

ВЛИЯНИЕ ПОСТНАПРЯЖЕНИЯ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ НА ИХ ЖЁСТКОСТЬ И МЕТАЛЛОЁМКОСТЬ

Баркая Т.Р., Шилов С.А., Гавриленко А.В., Черемных С.В. (ТвГТУ, г. Тверь, РФ)

В статье приведена краткая информация о технологии постнапряжения. Предложена методика вычисления площади канатной напрягаемой арматуры, требуемой из условия прочности плиты, при использовании ПК SCAD Office. Выполнено сопоставление деформаций и металлоёмкости фундаментных плит, запроектированных с постнапряжением и без него.

В последнее время вопросы сбережения ресурсов при возведении зданий и сооружений становятся всё более актуальными. В частности, имеет большое значение экономия бетона и арматуры в железобетонных фундаментах зданий и сооружений различного назначения. В связи с развитием монолитного домостроения, популярностью пользуются монолитные фундаментные плиты, требующие при возведении большого объёма бетона и существенного расхода арматуры, определяемой из расчёта на прочность и жёсткость. В конструкциях данного вида рациональное использование материалов имеет особое значение.

Одним из эффективных способов улучшения эксплуатационных характеристик монолитных фундаментных плит, в частности, повышения их жёсткости при снижении металлоёмкости, является технология их предварительного напряжения в построечных условиях, известная также как постнапряжение. Подробнее технология рассмотрена в [1]. Одной из важных её особенностей является то, что напрягаемые канаты в оболочке – моностренды, – обладая определённой гибкостью, могут быть уложены в конструкцию с эффективным вертикальным профилем, например, соответствующим эпюре изгибающих моментов, возникающих в конструкции в стадии эксплуатации. В таком случае при натяжении каната в точках его перегиба или плавного изменения кривизны канат начнёт передавать на бетонную часть конструкции вертикальные усилия – «усилия отпора», – которые дополнительно разгружают конструкцию [2].

В США, Азии и Австралии подавляющая часть монолитных плит перекрытий и фундаментных плит выполняется с применением постнапряжения [3]. Популярность технологии обусловлена тем, что постнапряжённые плиты оказываются экономичными, жёсткими и надёжными и могут иметь пролёты до 8-12 метров в базбалочном варианте.

В нашей стране применение постнапряжения весьма ограничено. Одной из основных причин тому является недостаточность норм, руководств и иных документов по проектированию таких конструкций.

Расчёт и проектирование конструкций зданий, в том числе и с монолитным каркасом, в настоящее время в подавляющем большинстве случаев выполняется с применением расчётных комплексов, основанных на методе конечных элементов. В частности, в данной работе применимость МКЭ-программ к анализу и проектированию монолитных фундаментных плит с постнапряжением была оценена на примере расчётного комплекса SCAD Office.

Для сравнения металлоёмкости и перемещений фундаментной плиты при использовании постнапряжения и без него был рассмотрен монолитный железобетонный каркас регулярной структуры с безбалочными перекрытиями и монолитным плитным безбалочным фундаментом. Размеры каркаса в плане 24×24 м, шаг колонн 8 м в каждом направлении, высота здания 18 м (6 этажей по 3 м). Данная схема анализировалась в двух вариантах:

- 1) несущие вертикальные элементы первого этажа – железобетонные колонны (рисунок 1, а);
- 2) несущие вертикальные элементы первого этажа – параллельные монолитные железобетонные стены с шагом 8 метров (рисунок 1, б).

Геометрические размеры поперечных сечений всех элементов были приняты одинаковыми в обеих схемах: сечение колонн – $0,4 \times 0,4$ м, толщина плит перекрытий – 0,25 м, толщина плиты покрытия – 0,20 м, толщина стен – 0,25 м, толщина фундаментной плиты – 0,50 м.

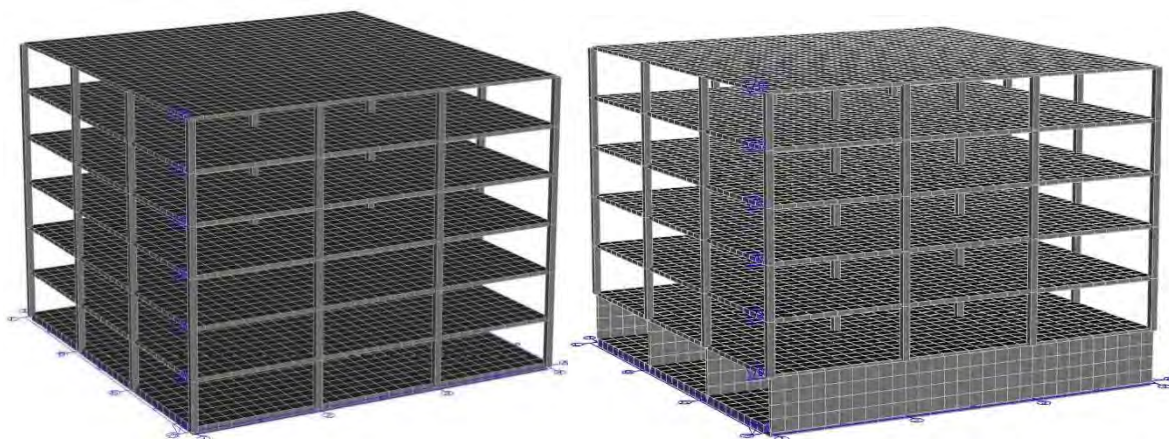


Рисунок 1 – Визуализация расчётной схемы: а – при несущих вертикальных элементах первого этажа в виде колонн; б – при несущих вертикальных элементах первого этажа в виде продольных стен

В качестве основания была принята площадка размерами 40×40 м в плане, сложенная грунтами трёх видов: песок мелкий, суглинок и супесь. Для наглядности и упрощения сопоставления результатов расчёта, толщина каждого слоя была задана равной 3 метра, а характеристики грунтов в пределах слоёв были приняты в соответствии с приложением А [4]. Подземные воды при этом не задавались.

Были учтены следующие нагрузки с соответствующими расчётными значениями: собственный вес всех элементов каркаса (средствами SCAD Office); снег на покрытие (210 кг/м^2); конструкции покрытия и пола (по 156 кг/м^2 каждая); распределённая нагрузка от перегородок (240 кг/м^2); эксплуатационная нагрузка на перекрытия жилого здания (150 кг/м^2); ветровые нагрузки.

В качестве напрягаемой арматуры были приняты семипроволочные канаты в пластиковой оболочке со следующими основными характеристиками: диаметр 15,7 мм, площадь 150 мм^2 , нормативное сопротивление арматуры $R_{p,n} = 1640 \text{ МПа}$. Также была принята свободная раскладка канатов в фундаментной плите, при которой в вертикальном направлении канат, закреплённый в ха-

рактерных точках по длине конструкции, в пролётах принимает форму, обусловленную его жёсткостью и собственным весом. Данная раскладка относительно проста при производстве работ и в тоже время весьма эффективна [2].

Подбор необходимого количества преднапряжённой арматуры выполнялся следующим образом [7].

1) В ПК SCAD производился статический расчёт схемы здания с целью получения расчётных усилий в фундаментной плите и коэффициентов постели основания. При этом рассматривались крайний расчётный участок шириной 4 метра и средний расчётный участок шириной 8 метров. Результирующие усилия на крайних и средних расчётных участках определялись суммированием произведений средних значений моментов в плитных конечных элементах, входящих в соответствующее сечение, на их ширину. Далее при известных внутренних усилиях в плите и параметрах напрягаемой арматуры рассчитывалась необходимая её площадь в сечении из условия прочности. Прочностной расчёт выполнялся в соответствии с требованиями [5], который содержит методику, показывающую удовлетворительное соответствие экспериментальным исследованиям [8].

2) Определялись величины потерь предварительного напряжения в соответствии с рекомендациями Еврокод и [6]. Данные нормативные документы содержат методики определения потерь предварительного напряжения арматурой без сцепления, удобные в практических расчётах и достаточно достоверные [9]. Среди прочих, учитывались потери от упругого укорочения бетона после приложения усилия предварительного обжатия. Укорочение бетона определялось расчётом фундаментной плиты в ПК SCAD при действии линейных равномерно распределённых нагрузок, приложенных к торцам и моделирующих усилие обжатия.

3) При известных величинах усилий в арматурных канатах после вычитания первых и вторых потерь, для принятой схемы раскладки каната вычислялись величины вертикальных и горизонтальных составляющих предварительного напряжения. Полученные составляющие постнапряжения прикладывались к расчётной схеме в ПК SCAD как внешние нагрузки.

4) При действии нагрузок от постнапряжения выполнялся повторный расчёт коэффициентов постели, поскольку изгибная жёсткость постнапряжённой плиты увеличивалась. Затем повторно выполнялся статический расчёт схемы, поскольку после задания нагрузок от постнапряжения изменялось распределение усилий в фундаментной плите. В частности, изгибающие моменты на крайнем и среднем участках уменьшались.

5) Подбиралась новая величина площади напрягаемой арматуры при изменившихся внутренних усилиях в плите. Далее вновь выполнялись шаги 2-4 при изменившемся количестве напрягаемой арматуры.

Расчёт повторялся до тех пор, пока разница между итерациями по величине подобранной напрягаемой арматуры в плите оказывалась менее 5%.

Сопоставление деформаций фундаментных плит в расчётных схемах с колоннами и стенами на первом этаже при предварительно напряжённой фундаментной плите и фундаментной плите без преднапряжения представлено в таблице 1.

Секция 2. Строительные конструкции

Таблица 1 – Сопоставление осадок

Наименование показателя	Фундаментные плиты, нагрузка на которые передаётся с колонн			Фундаментные плиты, нагрузка на которые передаётся со стен		
	без ПН	с ПН	Снижение деформаций, %	без ПН	с ПН	Снижение деформаций, %
Разница осадок в пределах плиты, мм	33	11	67	27	18	33
Максимальная деформация плиты, мм	50	30	40	19	11	42

Таблица 2 – Сопоставление металлоёмкости

Наименование показателя	Фундаментные плиты, нагрузка на которые передаётся с колонн			Фундаментные плиты, нагрузка на которые передаётся со стен		
	без ПН	с ПН	Δ , %	без ПН	с ПН	Δ , %
Общий расход обычной арматуры, т	57,53	24,56	50%	36,36	11,69	59%
Общий расход ПН арматуры, т	—	4,31		—	3,19	
Расход обычной арматуры на 1 м ² , кг	96,60	41,20		61,10	19,60	
Расход ПН арматуры на 1 м ² , кг	—	7,20		—	5,40	

Сопоставление металлоёмкости рассмотренных схем дано в таблице 2.

Из данных таблиц 1 и 2 следует, что применение преднапряжения в монолитных фундаментных плитах повышает их изгибную жёсткость, благодаря чему достигается более равномерное распределение давления грунта и, следовательно, создаются условия для снижения изгибающих моментов и прогибов, что влечёт снижение потребной площади сечения арматуры.

Заметим, что в плите без предварительного напряжения, нагрузки на которую передаются с колонн, максимальный выгиб составляет 50 мм. При этом, согласно СП «Нагрузки и воздействия», предельно допустимый прогиб плиты при пролёте 8 метров оказывается равным 37 мм. Применение постнапряжения позволило уменьшить выгиб данной плиты до 30 мм, и, тем самым, обеспечить соблюдение требований норм, не прибегая при этом к увеличению толщины плиты и, более того, достигнув заметного снижения расхода арматурной стали в сравнении с плитой без постнапряжения.

По итогам проведённой работы можно сформулировать следующие выводы:

постнапряжение фундаментных плит существенно повышает их жёсткость, что снижает внутренние усилия в плитах, способствует более равномерному распределению давления под плитой, а также уменьшает разность деформаций между различными участками плиты, что положительно сказывается на работе надземной части здания;

постнапряжение существенно снижает расход обычной ненапрягаемой арматуры, однако следует помнить, что стоимость высокопрочных напрягаемых

монострендов существенно выше стоимости обычной арматуры, а комплекс работ по выполнению постнапряжения требует наличия определённого оборудования и квалифицированной рабочей силы;

при проектировании фундаментных плит с напряжением в построечных условиях дополнительного обоснования и уточнения требуют вопросы работы постнапряжённых фундаментных плит на продавливание и учёт трения фундаментной плиты о грунтовое основание при определении потерь предварительного напряжения.

Список литературы

1. Баркая, Т.Р. Предварительное напряжение монолитных железобетонных конструкций арматурой, не имеющей сцепления с бетоном [Текст] / Т.Р. Баркая, А.В. Бровкин, А.В. Гавриленко, П.О. Скудалов // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: материалы всероссийской научно-практической конференции / Тверской гос. тех. ун-т. – Тверь, 2016. – С. 41-48. – Библиогр.: с. 48.

2. Портаев, Д.В. Расчёт и конструирование монолитных преднапряженных конструкций гражданских зданий [Текст]: научное издание / Д.В. Портаев. – М: Ассоциация строительных вузов, 2011. – 248 с. – Библиогр.: с. 246–247.

3. Мадатян, С.А. Армирование без сцепления [Электронный ресурс] С.А. Мадатян / Журнал «Технологии строительства». – 2009. – №2. Режим доступа: http://www.germostroy.ru/art_941.php (дата обращения: 09.10.2018)

4. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* [Текст]. – Введ. 01.07.2017. – М: ФГУП Стандартинформ, 2016. – 226 с.

5. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84 [Текст]. – Введ. 20.05.2011. – М: Минрегион России, 2010. – 338 с.

6. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 [Текст]. – Введ. 01.01.2013. – М: ФАУ ФЦС, 2012. – 155 с.

7. Шилов, С.А. Моделирование и расчёт постнапряжённых фундаментных плит [Текст]: магист. дисс. (08.04.01) / С.А. Шилов; Тверской государственный технический университет «ТвГТУ». – Тверь, 2018. – 165 с.

8. Гавриленко, А.В. Экспериментально-теоретическое сопоставление методик расчёта прочности, жёсткости и трещиностойкости железобетонных балок, напряжённых арматурой без сцепления [Текст]: магистерская диссертация (08.04.01) / А.В. Гавриленко; Тверской государственный технический университет «ТвГТУ». – Тверь, 2017. – 380 с.

9. Демидов, А.В. Исследование напряжений в железобетонных элементах с предварительным напряжением арматуры, не имеющей связи с бетоном [Текст]: магистерская диссертация (08.04.01) / А.В. Демидов; Тверской государственный технический университет «ТвГТУ». – Тверь, 2012. – 112 с.

УДК 629.138.4

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Высоцкий С. П., Писаренко А. В. (ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР)

В статье рассмотрены воздействия на строительные сооружения аномальных климатических явлений. Описаны основные способы закрепления слабых грунтов. Показана эффективность закрепления силикатным раствором и негативное влияние тиксотропного эффекта на эксплуатационную надежность зданий и сооружений. Приведены основные результаты проведенных исследований по закреплению слабого грунта.

В современных условиях увеличилось количество аномальных климатических явлений: торнадо, цунами, наводнений и пр. Катастрофические последствия их проявления усиливаются в результате развития во многих грунтах тиксотропных явлений, при которых резко изменяются структурно-текстурные свойства грунтов и их способность противостоять внешним воздействиям [1]. При этом изменяются прочностные характеристики оснований сооружений, что приводит к их деформациям и разрушениям. Деформации земной поверхности усиливаются также при наличии подработок в шахтерских городах и поселках. Такие явления имеют место на территории Донецкой, Луганской, Днепропетровской, частично Полтавской и Харьковской областей Украины; а также территории Ростовской области Российской Федерации, которые расположены в Донецком угольном бассейне. При добыче угля в пластах крутого падения на земной поверхности образуются вытянутые вдоль простирания пластов террасообразные уступы высотой до 60 см. В последнюю четверть прошлого века они стали причиной массового разрушения жилья, социальных объектов и инженерных коммуникаций городов Центрального Донбасса [2].

Влияние деформаций на объекты различного назначения приведено в таблице 1 [3].

Анализ результатов исследований, проведенных в Донецком регионе, показал, что в зависимости от состояния несущих конструкций общественные и жилые здания могут быть разделены на 4 группы.

I группа – аварийное состояние – повреждения зданий превышают предельные, что приводит к полной непригодности их эксплуатации. При этом максимальное раскрытие трещин превышает 60 мм.

II группа – предаварийное состояние – повреждения зданий превышают допустимые, но меньше предельных величин, что приводит к частичному ухудшению условий их эксплуатации. При этом максимальное раскрытие трещин находится в пределах 15-60 мм.

III группа – неудовлетворительное состояние – повреждения зданий менее допустимых величин, однако это приводит к некоторым нарушениям при эксплуатации зданий. При этом максимальное раскрытие трещин составляет 3-15 мм.

Секция 2. Строительные конструкции

Таблица 1 – Влияние деформаций на объекты различного назначения

Объект воздействия	Чувствительность разных объектов к отдельным видам деформации земной поверхности				
	Просадка	Уклон	Уступы	Растяжение	Сжатие
Отдельные жилые дома		С	Б	С	С
Общественные здания		С	Б	С	С
Замкнутые ряды зданий		С	Б	С	Б
Здания заводских цехов			Б	С	С
Транспортные галереи			Б	С	С
Высокие дымоходы		Б	Б		
Железные дороги	С		Б	С	С
Вокзалы, станции	С	М	Б	С	С
Улицы, дороги, шоссе	М		Б	С	С
Каналы	Б		Б		
Шлюзы	Б	С	Б	С	М
Мосты, путепроводы	С	М	Б		
Магистральные трубопроводы			Б	С	С
Водопроводные сети			Б	С	С
Линии канализации	Б		Б	С	С
Газопроводы	М		Б	С	С
Подземные кабели			Б	М	С

Примечание: М – малая, С – средняя, Б – большая.

IV группа – удовлетворительное состояние. При этом максимальное раскрытие трещин менее 3 мм.

В зданиях, состояние которых отнесено к I и II группе наблюдается срез и выгиб несущих стен и блоков, кирпичной кладки, обрушение балок перекрытий на первом и втором этажах, а также расслаивание кирпичной кладки у вертикальной плоскости [3].

На большей части территории Украины залегают лёссовые грунты (65 % площади). Толщина лёссовых грунтов составляет от 3 до 35 м, а просадочность при давлении 0,3 МПа составляет от 0,01 до 0,15 м. В пределах Украины макропористые лёссовые грунты подстилаются глинистыми практически водонепроницаемыми грунтами, поэтому образование водоносного слоя практически неизбежно. При малой остаточной влажности лёсс практически прочен, но с увеличением влажности лёсс склонен к просадкам. Все вышеперечисленные факторы приводят к снижению эксплуатационной надежности зданий и сооружений [4].

Деформация основания сооружения зависит от нагрузки P на основание, а работа деформации определяется как $A = P \cdot dL$ путем интегрирования бесконечно малой величины работы при бесконечно малом нарастании сдвига dL с деформацией основания

$$\int_0^A dA^+ = \int_0^{L_{разр}} \frac{1}{EF} P \cdot dL \quad (1)$$

в результате интегрирования получаем:

$$A = \frac{L_{\text{разр}}^2}{2} \frac{P}{EF} = \frac{L_{\text{разр}}^2 \cdot \sigma}{2E} \quad (2)$$

Таким образом, работа деформации пропорциональна произведению квадрата сдвиговой деформации на величину напряжения сдвига и обратно пропорциональна модулю упругости E .

Из реологических моделей сред (идеализированных тел): Гука, Ньютона и Сен-Венана предпочтение следует отдать первым двум для идеально упругой и идеально вязкой среды.

Согласно модели Гука

$$\sigma = E\varepsilon \quad (3)$$

где ε – относительная деформация, м/м.

Таким образом, из (2) по указанной модели для идеально упругого тела работа сдвига пропорциональна произведению линейного размера на сдвиговую деформацию и наиболее опасна для высотных сооружений.

По модели Ньютона касательное напряжение τ , которое является наиболее опасным для строительных сооружений, равно относительной скорости сдвига V умноженной на вязкость среды при сдвиге η

$$\tau = \eta \cdot V \quad (4)$$

Из 3-го закона Ньютона для противодействия деформации необходимо повышать вязкость среды (в рассматриваемом случае – тиксотропной среды).

Из указанного уравнения следует, что увеличение вязкости суспензии обеспечивает повышение уровня сдвиговой деформации и соответственно увеличения устойчивости строительных сооружений. Основным показателем устойчивости грунта от напряжения сдвига зависит от тиксотропных характеристик. Последние зависят также от типа воздействий на грунт: знакопеременные, частотные и т.д. Тиксотропные свойства грунтов проявляются в виде ползучести конструкции, например, при наличии вибрации в элементах конструкции при дросселировании потока жидкости или газа в местах наличия арматуры, сужения или расширения потока, а также значительного изменения направления потока. Подобные явления могут иметь место на коммуникациях газа или нефтепроводах, а также на строительных сооружениях, размещенных на грунтах, подверженных тиксотропным воздействиям и расположенных вблизи потоков транспортных средств, которые создают вибрации в элементах конструкций.

Применение химических способов улучшения строительных свойств грунтов показало их эффективность при реконструкции зданий либо усилении фундаментов существующих сооружений. Это в значительной степени объясняется тем, что дает возможность проводить работы без прекращения эксплуатации здания. Подавляющее большинство рецептур силикатизации грунтов были основаны на использовании неорганического полимера – силиката натрия [5]. Это обусловлено относительной дешевизной указанного химического соединения, а также возможностью регулирования его физико-химических характеристик. На рисунке 1 показано влияние модуля жидкого стекла на плотность его раствора и вязкость. Кроме модуля вязкость растворов зависит от молекулярной массы. Последняя зависит от вида активации растворов. Основные типы активации растворов приведены в таблице 2.

Секция 2. Строительные конструкции

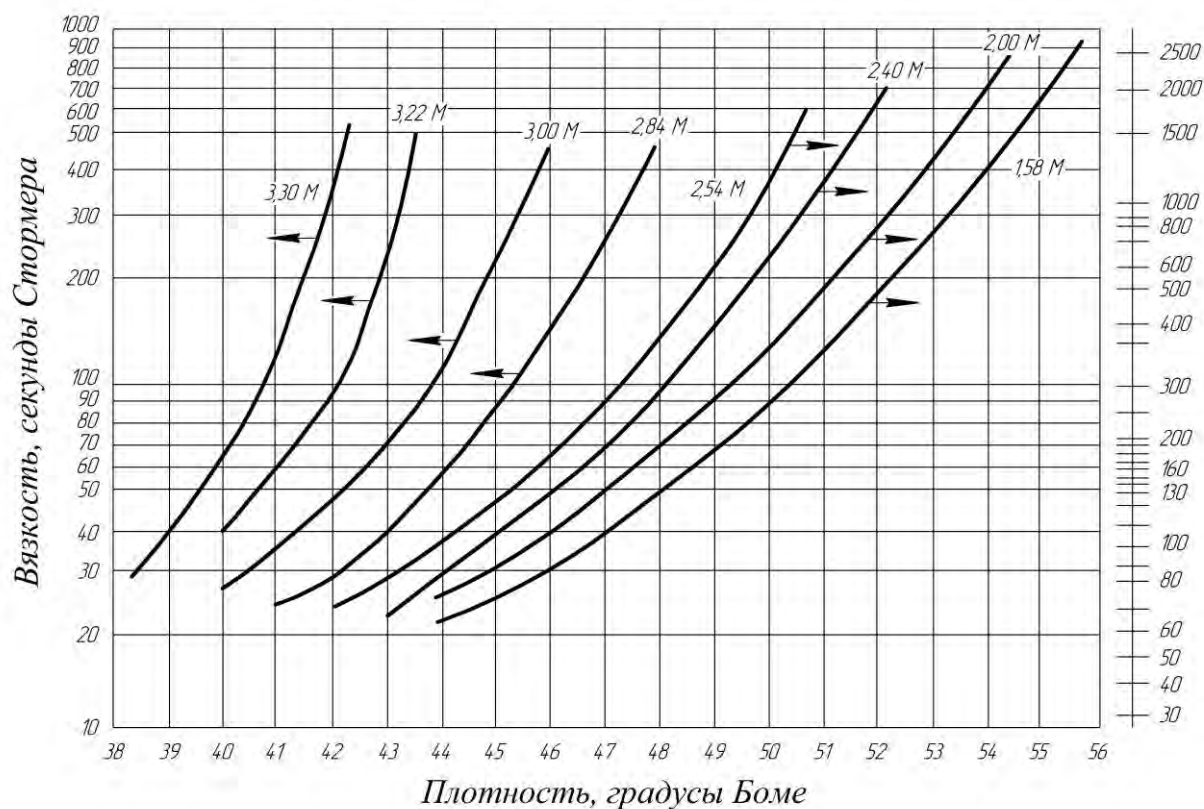


Рисунок 1 – Вязкость различных растворов силиката натрия различной плотности [5]

Таблица 2 – Виды активации растворов силиката натрия

№ п/п	Состав раствора	Плотность ρ , г/см ³	Объемное соотношение компонентов	Характеристики растворов		Прочность укрепленного грунта МПа
				Время гелеобразования Т, ч	Вязкость $\mu \cdot 10^{-3}$, Па·с	
1	Сернокислотный аммоний Силикат натрия	1,06 1,19	1,0 3,9–4,2	1,0–16,0	2,0–3,0	0,5–0,4
2	Силикат натрия Фосфорная кислота Серная кислота	1,12 1,025 1,06	1,0 3,0–4,0 2,0–2,1	4,0–10,0	2,0–3,0	0,2–0,3
3	Силикат натрия Алюминит натрия	1,15 1,05	3,5 1,0	0,5–2,0	< 2,2	0,15–0,2
4	Силикат натрия Кремнефтористо-водородная кислота	1,04 1,037	1,0 0,12	0,5–15,0	1,2–7,5	0,2
5	Силикат натрия Кремнефтористо-водородная кислота	1,3 1,08–1,1	10,0 2,5–3,0	0,1–1,0	3,0–5,0	3,0–4,0

Следует отметить, что силикатизация может обеспечить положительный эффект только после активации жидкого стекла и получения геля кремниевой кислоты. Этот процесс может быть реализован за счет реакции жидкого стекла с гидрокарбонатной щелочностью воды. При отсутствии последней положительный эффект будет отсутствовать или будет минимальный.

Учитывая широкое применение жидкого стекла для закрепления грунтов, существенный интерес представляет определение влияния модуля жидкого стекла и степени разбавления (по приросту плотности над плотностью растворителя) на вязкость раствора. Значение плотности растворов жидкого стекла и их вязкости определяют традиционным методом.

Как видно из представленных на рисунке 2 данных, прирост вязкости над вязкостью растворителя от разности плотности растворов жидкого стекла и плотности растворителя для разных значений модуля хорошо описываются экспоненциальными зависимостями [6].

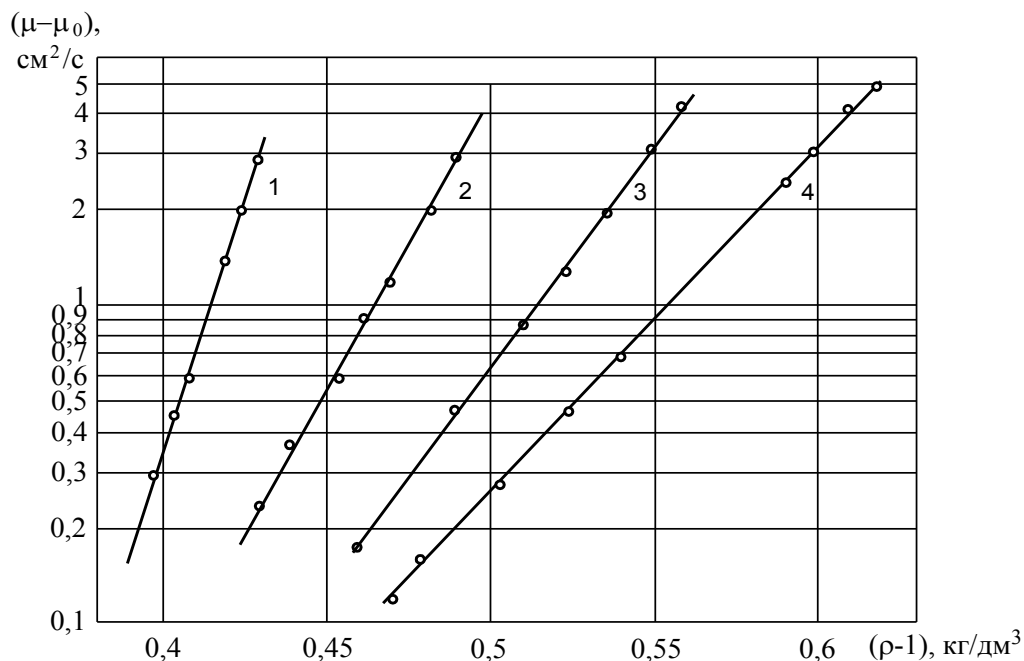


Рисунок 2 – Зависимость прироста вязкости растворов жидкого стекла от разности его плотности и плотности растворителя (воды)

Зависимость вязкости растворов жидкого стекла от плотности при различных значениях модулей представлено и имеет вид

$$\eta - \eta_0 = A \exp[B(\rho - 1)].$$

Значение предэкспоненциального множителя и показателя степени приведены в таблице 3.

Согласно Флори характеристическая вязкость зависит от размеров макромолекулярного клубка:

$$\eta = \Phi_0 (\hat{h}^2)^{3/2} / M,$$

где Φ_0 – константа Флори, Па·с·г/(моль·м);

$\hat{h}^2$ – среднеквадратическое расстояние между конечными участками полимерной цепи, м;

M – молекулярная масса полимерной структуры, г/моль.

Обращает на себя внимание то, что при меньших значениях модуля жидкого стекла влияние прироста разности плотности раствора и растворителя на увеличение прироста вязкости существенно больше, чем при использовании жидкого стекла с повышенными значениями модуля. Это можно объяснить увеличением соотношения $(\hat{h}^2)^{3/2} / M$ за счет уменьшения молярной массы полимера для малых значений модуля жидкого стекла.

Таблица 3 – Зависимость вязкости растворов жидкого стекла от плотности кремниевой кислоты

Номер кривой	Модуль М	Предэкспоненциальный множитель, А	Показатель степени, В
1	1,5	$1,26 \cdot 10^{-13}$	71,46
2	2,4	$2,97 \cdot 10^{-9}$	42,31
3	2,45	$7,71 \cdot 10^{-8}$	31,83
4	3,22	$1,38 \cdot 10^{-6}$	24,35

Эффективность использования закрепления грунта обычно проверяют пенетрометром – коническим грузом, погружаемым на определенную глубину под действием собственного веса. Однако этот процесс происходит с статических условиях. На практике при обводнении почвы процесс изменения физико-химических характеристик грунта происходит в динамических условиях, при этом возникает тиксотропный эффект.

Нами разработана установка, позволяющая оценить изменение тиксотропных характеристик грунта в зависимости от его типа, нагрузки и характеристик закрепляющего раствора [7].

На опытном образце установки проведены эксперименты по определению сдвиговой деформации при закреплении обводненного грунта растворами кремниевой кислоты, а также растворами кремниевой кислоты с добавлением анионоактивного полиакриламида Eсofloc. В результате экспериментов получены зависимости, по которым видно, что напряжение сдвига при массовой доле раствора в грунте выше 3,0 % практически не меняется и резко возрастает при уменьшении массовой доли ниже 3,0 %. При равных концентрациях растворов в грунте, чем выше массовая доля SiO_2 , тем больше напряжение сдвига (рисунок 3).

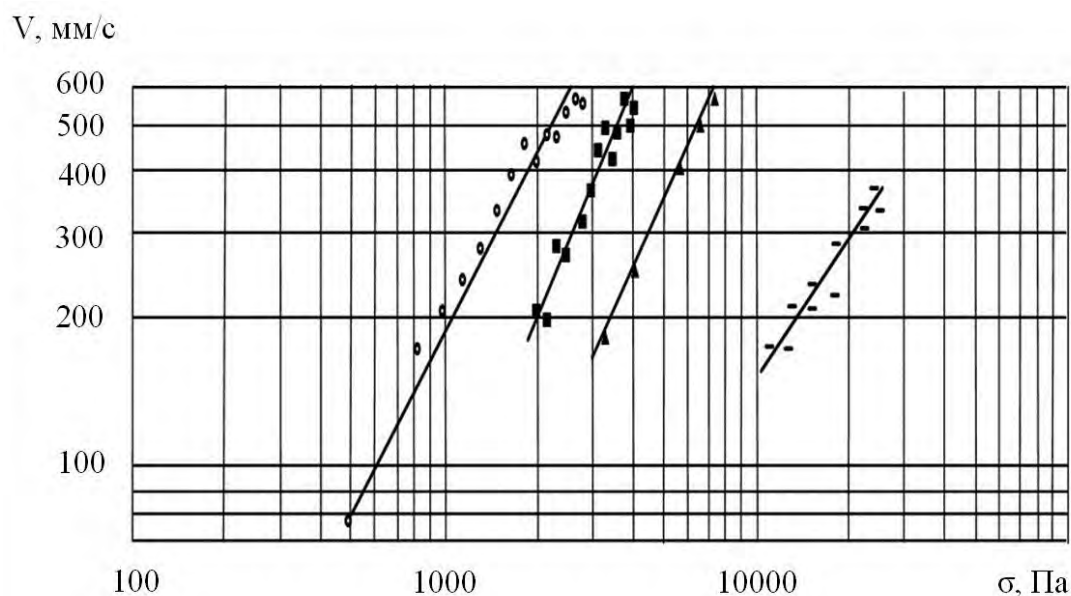


Рисунок 3 – График зависимости скорости от напряжения сдвига при различных закрепляющих составах в грунте при 50 %-м соотношении грунт-раствор:

— — 3 % SiO_2 ; ▲ — 2 % SiO_2 ; ■ — 1 % SiO_2 ; ● — 0,5 % SiO_2

Наименьшее сопротивление оказывали частицы в водонасыщенном состоянии, затем закрепленные жидким стеклом. Наиболее эффективным был грунт с массовой долей 1 и 2 % SiO_2 . При том, что проникающая способность раствора оказалась значительно выше, чем жидкого стекла, за счет применения полиакриламида, а большая скорость при составе с 1 % SiO_2 обусловлена большей концентрацией полиакриламида, что дает основание предполагать присутствие эффекта Томса на грани сред в опыте, а значит и на грани сред закрепленного и незакрепленного грунта в натуральных условиях. В 40-е годы XX в. было замечено, что некоторые полимеры (полиэтиленоксид, полиакриламид, полиакриловая кислота и др.) в водных растворах проявляют необычные свойства, в частности, способность к комплексообразованию со многими неорганическими и органическими веществами; осаждение из водных растворов твердых примесей; снижение гидравлического сопротивления прокачиваемой жидкости; снижение турбулентности течения жидкости в трубах; усиление потока течения воды в трубах и пожарных шлангах и др.

В экспериментальных условиях установлено, что в зависимости от направления поступления воды снизу-вверх – при подтоплении шахтными водами или сверху вниз – при паводках целесообразно изменять рецептуру закрепляющих растворов. В первом случае рационально применять так называемый силоксановый экран из активированной кремниевой кислоты, а во втором – использовать эффект Томса для снижения тиксотропного эффекта.

Выводы

1. Тиксотропный эффект негативно влияет на эксплуатационную надежность зданий и сооружений, и может служить причиной разрушений зданий, объектов инфраструктуры, газо- и водопроводов, а также дренажных коллекторов.
2. Применение своевременного закрепления грунтового массива химическими растворами способно минимизировать или полностью предотвратить негативное влияние тиксотропного эффекта на здания и сооружения.
3. Возможность регулировать время гелеобразования закрепляющих растворов позволит достигнуть необходимые заданные структурно-механические свойства грунтового массива.
4. Раствор активной кремниевой кислоты с полиакриламидом наиболее эффективен с массовой долей 2 % SiO_2 и может применяться для обеспечения эксплуатационной надежности и повышения несущей способности оснований зданий рационально применять раствор активной кремниевой кислоты с полиакриламидом с массовой долей SiO_2 2 %. При увеличении в растворе массовой доли полиакриламида в грунте эффект Томса на грани сред способствует отводу грунтовых вод от закрепленного массива, что обеспечивает дополнительное усиление просадочного грунта.

Список литературы

1. Prognosis of foundations under the load increasing in time and cyclic [Текст] / V. B. Shvets, V. G. Shapoval, S. P. Candzuba, S. O. Popovichenko // Theoretical Foundations in Civil Engineering. – 2007. – № 15. – P. 479–488.
2. Мишурова Т. В. Закрепление песчаных оснований, загрязненных фосфорнокислыми промстоками, в условиях действующего производства: Дисс. канд. техн. наук: 05.23.02. – Днепропетровск, 2001. – 171 с.
3. Писаренко, А.В. Повышение безопасности эксплуатации сооружений в сложных инженерно-геологических условиях / А. В. Писаренко // Вести Автомобильно-дорожного института 2017, № 3(22) – С. 44-53
4. Karol R.H. Chemical Grouting and Soil Stabilization. N.-Y.: Dekker, 2003. 584 p.
5. Урьев, Н. Б. Структурированные дисперсные системы / Н. Б. Урьев // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 6. – С. 42–47.
6. Писаренко, А. В. Метод химического закрепления просадочного грунта коллоидным раствором на основе золя кремниевой кислоты с добавлением полиакриламида [Электронный ресурс] / А. В. Писаренко, В. В. Яркин, С. П. Высоцкий // Сборник материалов международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании» г. Москва, 16–17 ноября 2016 г. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. Ун-т. – М.: Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2017. – С. 282–286. – Режим доступа: http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya&deyatelnost/izdaniya/izdaniya&otkr&dostupa/2017/integr_ptl.pdf. – ISBN 978&5&7264&1451&5.
7. Пат. № 114230 Украина МПК G01N 3/24. Установка для дослідження тиксотропних характеристик ґрунтів [Текст] / С. П. Высоцкий, А. В. Писаренко; заявитель и патентообладатель С. П. Высоцкий, А. В. Писаренко; заяв. 04.05.2016; опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5. – 10 с.
7. Писаренко А.В. Анализ свойств закрепляющего раствора на основе активной кремниевой кислоты и полиакриламида для усиления просадочных грунтов / А. В. Писаренко, В. И. Братчун // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры – Макеевка: ДонНАСА, 2017. – Вып. 2017-2(124). – С. 154–160. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-2\(124\).pdf](http://www.donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-2(124).pdf).

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩИХ И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НЕЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ЗДАНИЯ В ГОРОДЕ ОРЛЕ

Ильичев В.А., Ильичева С.И. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье рассматривается исследование несущих и ограждающих конструкций неэксплуатируемого здания в городе Орле с целью определения уровня его механической безопасности, определения категории его технического состояния, выявления дефектов и повреждений.

Рассматриваемое здание административно-бытовое, 4-х этажное. Информационным поиском выяснено, что здание выполнено по типовой серии ИИ-60, авторы – Центральный институт типовых проектов Главстройпроекта, Москва – 1960 год. Унифицированные железобетонные изделия по серии ИИ-61, ИИ-62, ИИ-63, ИИ-64, ИИ-65

В настоящий момент у здания эксплуатируется только первый этаж. Функциональное назначение – цех по переработке рыбы. Остальные этажи не эксплуатируются длительное время и находятся в заброшенном состоянии, в связи с чем возникла угроза потери зданием его механической безопасности. По этой причине были проведены работы по установлению фактического состояния конструкций здания, и разработка мероприятий по приведению здания в нормативное состояние.



Рисунок 1 – Общий вид здания со стороны главного фасада

Обследование происходило в несколько этапов и основывалось на требованиях СП 13-102-2003 и ГОСТ 31937-2011. Тип обследования – выборочное в связи с невозможностью доступа к конструкциям фундамента и первого этажа.

При обследовании использовался визуально-инструментальный способ – производилась фотофиксация выявленных дефектов и повреждений, вертикальность, горизонтальность конструкций определялась с помощью лазерного построителя плоскостей STAYER "MASTER" "LASER-Max", установление размеров с помощью лазерного дальномера «DISTO Classic» Leica Geosystems AG, измерение прочности конструкций с помощью измерителя прочности бетона, ультразвукового тестера бетона, УКС-МГ4.

При производстве и проведении визуального-инструментального обследования и фотофиксации, техническое вмешательство в объект исследования не проводилось, ущерб цене и качеству объекта не нанесён.

Работы осуществлялись в несколько этапов.

На первом этапе производился сбор и анализ имеющейся технической документации (проектной, исполнительной, эксплуатационной), уточнялось объёмно-планировочного и конструктивного решения, выявлялись наиболее ответственных строительных конструкций.

На втором этапе непосредственно на объекте происходило уточнение размеров, схем опирания конструкций, качества материалов, выявлялись измерялись и фиксировались трещины, дефекты и повреждений конструкций. Выявлялись деформаций (прогибы, перекосы, сдвиги и т.п.) и изучались причины возникновения.

На третьем этапе производилась камеральная обработка материалов строительно-технической экспертизы, составлена масштабная 3D модель здания (рисунк 2) по его фактическим размерам и состоянию, и составление отчета с выводами.

Выявлено: Здание каркасного типа, общими габаритами в крайних осях 72×18 м. Железобетонные конструкции каркаса здания приняты рамными с жесткими узлами. Рамы с шагом 6 метров образуются из железобетонных сборных колонн и сборно-монолитных ригелей. В продольном направлении здания, рамы образуются из железобетонных сборных колонн и сборно-монолитных плит перекрытия. Жесткость узлов поперечных рам обеспечивается сваркой закладных деталей ригелей и колонн, опорной арматурой ригелей и замоноличиванием стыков. Жесткость узлов продольных рам обеспечивается сваркой закладных деталей плит с ригелями и колоннами арматурными опорными каркасами, укладываемыми в швы между плитами и замоноличиванием перекрытий. Поперечная жесткость здания обеспечивается железобетонными рамами. Продольная жесткость здания обеспечивается совместно продольными наружными стенами и продольными железобетонными рамами.

Вертикальные стойки – сборные ЖБ колонны с консолями с поэтажной разрезкой. Выполнены по серии ИИ-62. Сечения колонн – 300×450 мм. По консолям смонтированы сборные ЖБ ригели пролетом 9000 мм, по которым смонтированы сборные ЖБ плиты перекрытия.

Конструкция ригелей – сборно-монолитная, выполнены по типовой серии ИИ-63. Все ригели имеют одинаковое сечение высотой 700 мм и длину – 9000 мм. Сборная часть ригелей имеет высоту 600 мм. В слое монолитного бетона толщиной 100 мм уложена верхняя опорная арматура ригелей, пропускаемая в газовые трубки, заложенные в колоннах, и соединяется электродуговой сваркой с П-образными поперечными стержнями, выпущенными из бетона сборной части ригелей.

Плиты перекрытия сборные ЖБ, размером 5660×1190 мм с ребрами по контуру высотой 450 мм с полкой толщиной 60 мм по серии ИИ-64. Плиты, укладываемые по осям колонн, соединяются с ригелями и колоннами электродуговой сваркой закладных частей для обеспечения продольной жесткости здания на время монтажа.

Секция 2. Строительные конструкции

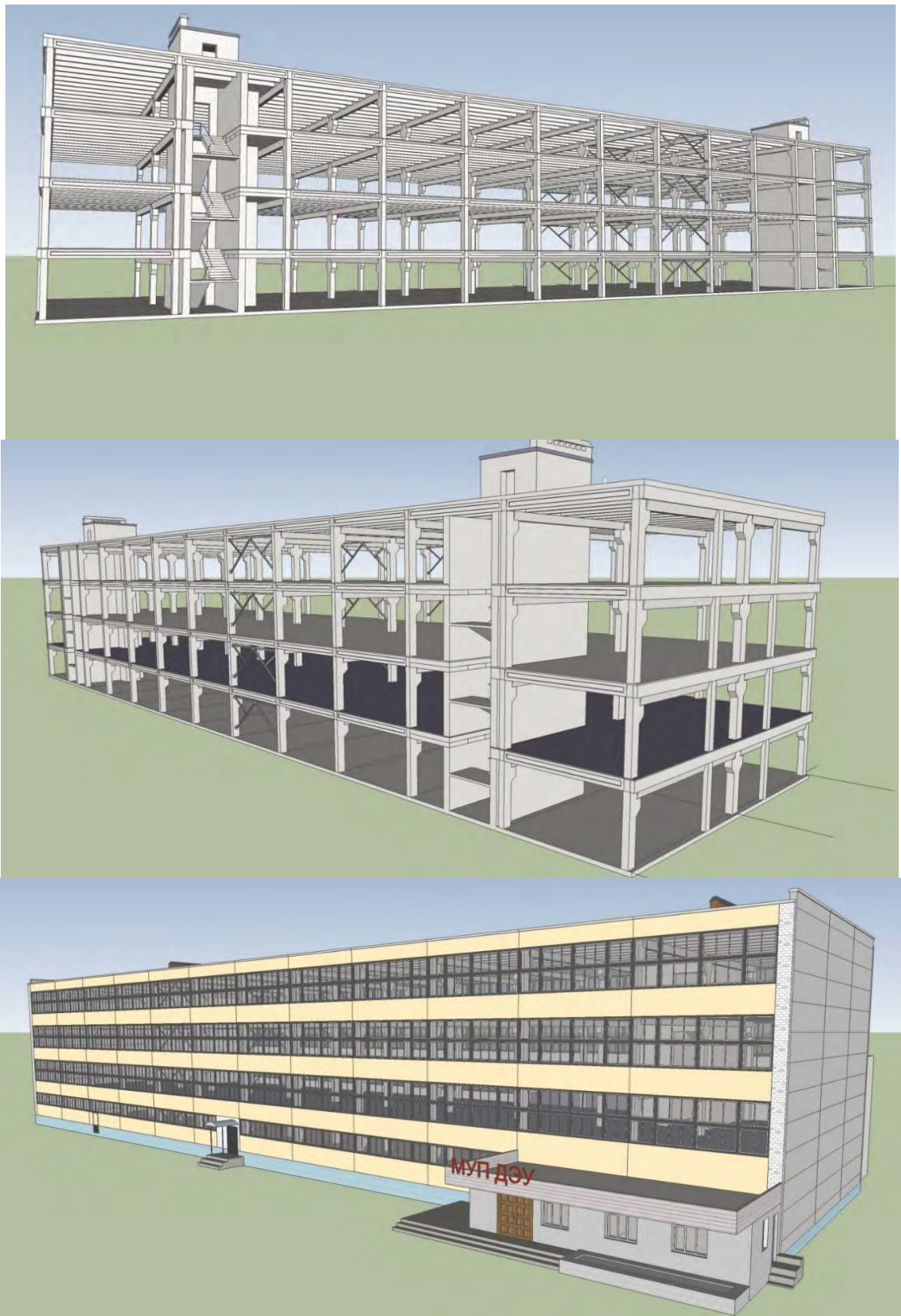


Рисунок 2 – 3D модель каркаса задания

Ограждающие конструкции – самонесущие стеновые панели из керамзитобетона габаритами 6000×1200 мм толщиной 250 мм с креплением на сварке к

колоннам. По торцевым стенам – крепление к металлическим колоннам фахверка. По продольным стенам здания используется ленточное остекление оконных проемов. Конструкция перекрытий – сборно-монолитная, неразрезная.

Тип фундамента – сборный железобетонный стаканного типа.

Класс бетона конструкций каркаса, определенный с помощью ультразвукового измерителя прочности бетона УКС-МГ4 в среднем, составил 39,6 МПа, что соответствует классу В30.

Большая часть здания не эксплуатируется и находится в частично демонтированном состоянии.

Высота здания в уровне верха перекрытия 4-го этажа – 13.950. Высота этажа – 3.450 м.



Рисунок 3 – Пример материалов фотофиксации дефектов конструкций здания

В ходе проведенного натурного обследования выявлены как малозначительные, так и существенные дефекты, и повреждения (рисунок 3). Приведем некоторые из них: сквозные наклонные трещины в кирпичной кладке внутренних стен и трещины со сдвигом шириной раскрытия до 2-3 мм, поверхностное размораживание части стеновых панелей, износ отделочного и его частичное разрушение внутри и снаружи здания, выветривание стыков между панелями, локально – искривление (выпучивание) линии стеновых панелей. Сильное выветривание кладки цоколя по торцам здания. Высолы и плесень на части поверхности стен, локально – волосяные трещины вдоль арматуры, следы замачивания и ржавчины на поверхности бетона, сколы и трещины вдоль арматурных стержней. Локально выявлены оголение защитного слоя бетона в части плит перекрытия в результате размораживания и от действий персонала для подвеса инженер-

ного оборудования, раскрытие рустов между плитами перекрытия, иногда оголение арматуры полки плит. Высолы, плесень и мох на части плит перекрытия и ригелях, значительное замачивание поверхности плит и ригелей от протечек, следы ржавчины и инфильтрационные пятна. Отклонение от вертикали колонн по оси «9» на величину до 1-2 см в уровне перекрытия 4-го этажа. Редко – ригели смонтированы на консоли колонн с эксцентриситетом. Многочисленные следы протечек на нижележащих конструкциях, что является значительным дефектом и требует устранения и является следствием ненадлежащего стояния кровельного покрытия, ненадлежащего ухода за зданием и отсутствием периодического ремонта.

По результатам визуально-инструментального исследования строительных конструкций здания и для приведения его в работоспособное состояние были разработаны ряд рекомендаций, например: устранить замачивание фундамента на пересечении осей «9-В», произвести устройство карнизов и восстановить систему организованного водоотведения с кровли. Внутренние кирпичные стены с трещинами разобрать, при необходимости – переложить. Наружные стены в местах образования дефектов отремонтировать. Трещины по стыкам панелей отремонтировать ремонтными составами. Восстановить поврежденное отделочное покрытие. Произвести очистку всех каменных и армокаменных конструкций со следами замачивания металлическими щетками до чистой поверхности, после чего обработать грунтом глубокого проникновения и составами типа «Гидротекс», «Пенетрон». Восстановить инженерные сети. Неокрашенные металлические поверхности очистить до блеска металлическими щетками, обработать преобразователями ржавчины огрунтовать и окрасить. Регулярно проводить наблюдение и мониторинг за состоянием строительных конструкций и инженерных сетей.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384 – ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;
2. Рекомендации по оценке надёжности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. Москва 2001 г.
3. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений». М: ГОССТРОЙ России, 2004 г. Дата актуализации: 01.02.2017
4. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*
5. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003
6. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции». Актуализированная редакция СНиП II-22-81*
7. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции». Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87

УСИЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТРУКТУРНЫХ ПЛИТАХ ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЯ

Ильичев В.А., Никуткин А.М. (БГИТУ, г. Брянск, Россия)

В данном исследовании поднимается проблема реконструкции металлических структурных конструкций покрытий, сделанных из структурных плит типа "Кисловодск", содержащих нижние и верхние ортогональные пояса, расположенные в горизонтальных плоскостях, связанные наклонной решеткой и изготовленные из труб, соединенных в узлах при помощи коннекторов.

В нашей стране, начиная с 1975 г., широкое применение нашли пространственные структурные конструкции. По некоторым данным ежегодный ввод в эксплуатацию зданий типа «Кисловодск» составлял около 1,5 млн. м². Структурные плиты типа «Кисловодск» выполнены из круглых труб, имеют высоту 2,12 м. Соединение трубчатых элементов в узлах – комбинированное, в котором применяется сварка в заводских условиях, а сборка узла осуществляется на болтах.

Несущая способность в таких конструкциях обеспечивается при соблюдении условий высокой культуры производства на протяжении всех стадий: при изготовлении, монтаже в проектное положение и устройстве кровельных работ. Повышенную чувствительность к точности и качеству изготовления и монтажа можно отнести к недостаткам структурных конструкций. Кроме того, в указанных плитах покрытия зачастую имеются скрытые дефекты, в частности непроектное исполнение узла сопряжения колонн фахверка с узлами верхнего пояса ПРК (по проекту верхний узел колонн фахверка имеет возможность перемещаться по вертикали с целью исключения передачи нагрузок от неравномерных осадок колонн), несоответствие фактической монтажной схемы проектной (стержни при сборке перепутаны или отсутствуют), отклонения геометрических параметров элементов структуры, замена в некоторых узлах болтового соединения с коннектором сварным. Существуют и другие дефекты, например, выполнение кровли не по проекту, коррозия элементов структурной плиты, смещение верха колонн в результате неравномерных осадок и неточностей монтажа основных колонн.

В свою очередь довольно часто при блокировании нескольких ячеек структурных плит стык консолей устраивается с отступлением от рекомендаций, что впоследствии приводит к превышению нагрузки на консольные участки в два и более раз. Соответственно, неправильное блокирование ячеек в совокупности с выше названными дефектами и нарушением правил эксплуатации структурных плит зачастую приводит к авариям, связанным с обрушением покрытий.

С 1983 года начались обрушения зданий такого типа. Возникшая проблема потребовала масштабных комплексных технических обследований модулей типа «Кисловодск» по всей стране. Разрабатывались варианты усиления, например, способ регулирования усилий в структурных конструкциях путем введения нескольких параллельных друг другу затяжек по нижнему поясу структурной

плиты. Впрочем, такое технологическое решение позволяет осуществлять регулирование усилий только в пролете плиты и может впоследствии привести к потере устойчивости нижнего пояса, не раскрепленного "из плоскости фермы".

Также из литературы известен многоточечного опирания структурной плиты покрытия в виде колонн с тросовой капителью, на которые установлена структурная плита покрытия, оголовки колонн и тросы пропущены через отверстия в конструкции кровли и выходят за пределы габаритов структурной плиты покрытия.

Тем не менее указанный способ далеко не всегда осуществим в следствии различных технологических причин, а также связан со значительными затратами на устройство отверстий в конструкции кровли. Так при деформировании отдельных элементов для дальнейшего эксплуатации плиты необходимо заменить эти и находящиеся рядом элементы, или путем введения новых стержней разгрузить деформированные элементы, что приводит к достаточно большим затратам, а в некоторых случаях вовсе не осуществимо из-за технологических факторов.

Предлагается более оптимальное решение с точки зрения трудоемкости изготовления и экономических затрат, при этом структурная плита находится в своем проектном положении. При данном способе усиление отдельных элементов осуществляется с помощью введения дополнительных профилей, не затрагивая существующие стержни.

Способ осуществляется следующим методом (рисунок 1): в первую пластину, имеющую вырезку для стержня, приваривают к двум шайбам с двух противоположных сторон соответственно. Далее к пластинам с разных сторон привариваются равнополочные уголки. Завершающим этапом является сварка уголков между собой. При этом обеспечивается целостность стержня, потерявшего устойчивость.

Тем самым при минимальных трудозатратах, не нагружая остальные стержни системы, удастся исключить из работы конструкции деформированный стержень привариванием к его шайбам через пластины двух уголков, обладающих необходимым для системы сопротивлением.

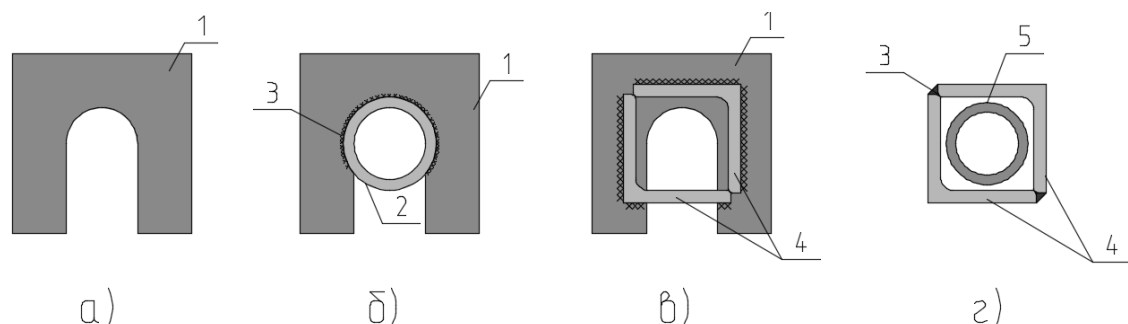


Рисунок 1 – Усиление стержневых элементов

1 – пластина; 2 – шайба; 3 – сварка; 4 – равнополочные уголки;

5 – стержень, потерявший устойчивость

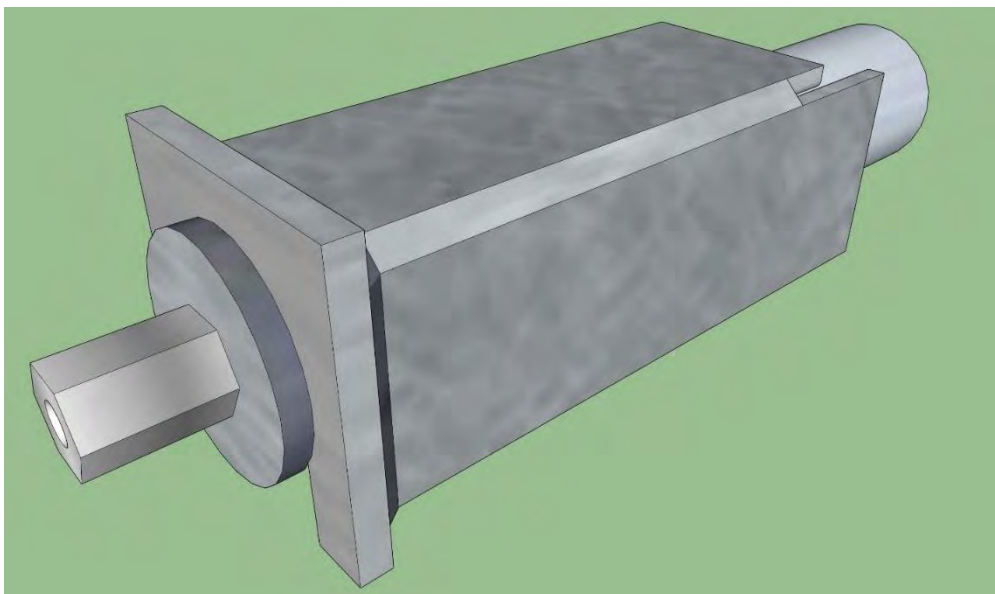
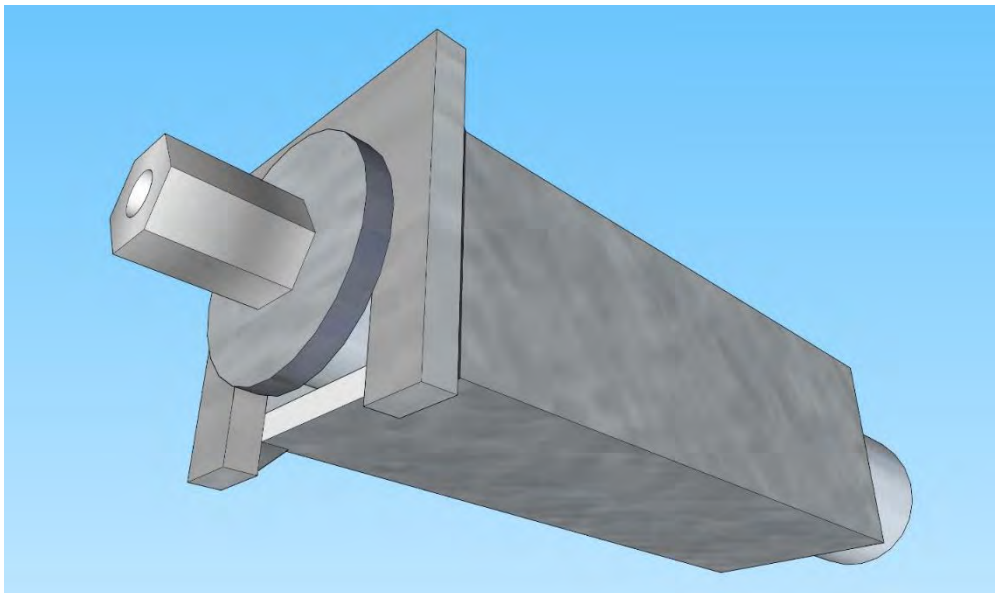
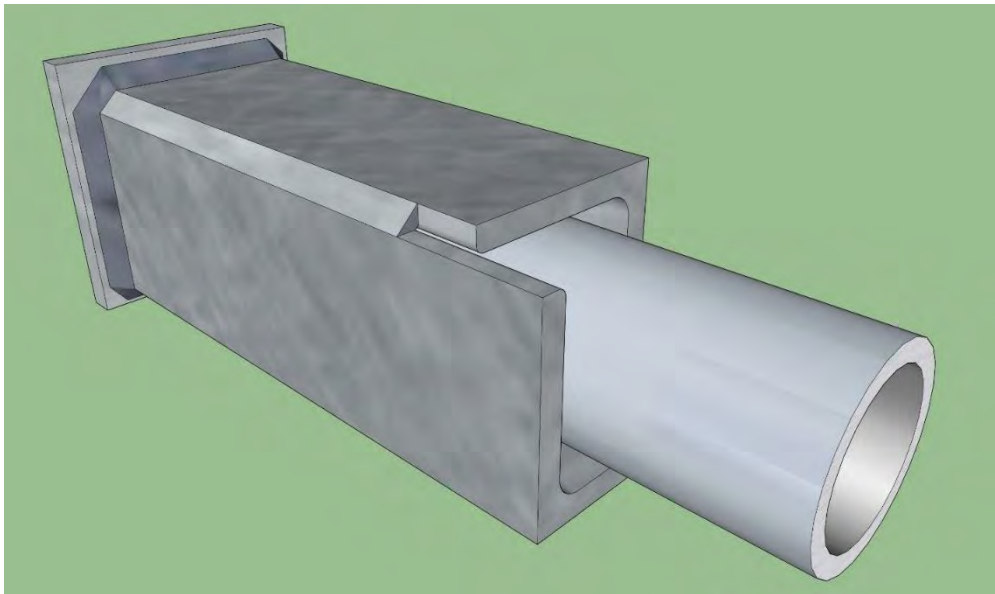


Рисунок 2 – Усиление стержневых элементов в аксонометрии

Список литературы

1. Щеглов А.А. Дефекты и повреждения конструкций структурных плит. В сборнике трудов научно-технических 55-56-й конференций (краткое содержание докладов докторантов, аспирантов, соискателей и студентов по проблемам строительных наук и архитектуры). - Воронеж, ВГАСУ, 2001 г.
2. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / Центр. НИИ строительных конструкций им. Кучеренко. - М.: Стройиздат, 1984.
3. Металлические конструкции. В 3 т. Т.2. Конструкции зданий: Учеб. для строит. ВУЗов / В.В.Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов, Г.И.Белый и др.; Под ред. В.В.Горева. - М.: Высш. шк., 1999.
4. Способ усиления консолей структурных плит покрытия: Патент. В.М. Мушаков, А.С. Щеглов, В.П. Рябов, А.А. Щеглов.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН АВАРИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА
ПРИМЕРЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ: АНАЛИЗ ПРИЧИН И
СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ**

Ильичев В.А., Ушакова И.В. (БГИТУ, г. Брянск, Россия)

Выявлены и определены основные причины, приводящие к авариям строительных конструкций. На основе общей картины возникновения аварии, была разработана диаграмма зависимости частоты возникновения аварийных ситуаций от наиболее распространенных причин. Данное исследование поможет упростить не только расследование аварийных ситуаций, но и позволит проводить профилактику их в дальнейшем.

Несмотря на то, что проблема обеспечения безопасной эксплуатации строительных конструкций и сооружений, в том числе и металлических известна давно, и исследовалась неоднократно, тем не менее остается актуальной и в настоящее время.

Практически в каждом случае аварий наблюдается потеря устойчивости, как отдельных элементов конструкции, так и сооружения в целом. Опасность аварий по этой причине в том, что потеря устойчивости может наступить внезапно, а металлические конструкции особенно подвержены таким авариям, так как выполняются из сравнительно тонких и длинных стержней. Потеря устойчивости сжатыми элементами очень часто происходит из-за отсутствия надлежащей развязки сжатых поясов как при монтаже, так и в период эксплуатации и несвоевременной постановки постоянных и временных связей жесткости, а также при наличии в конструкции случайно изогнутых стержней. Нередки случаи потери устойчивости в стержневых системах фермы, арки, рамы вследствие недоучета знакопеременности усилий.

После аварий, вызванных потерей устойчивости, аварии в результате хрупкого разрушения занимают первое место. Этот вид разрушений логично отнести

к авариям, основными причинами которых являются неудачные проектные решения или отступления от проекта. Последнее имеет место только в тех случаях, когда проектная марка стали без соответствующего на то обоснования заменяется другой.

Хрупкое разрушение стали как правило наступает при работе конструкций в условиях низких температур, в случае применения материалов, подверженных хрупкому разрушению, из-за различных дефектов в основном металле и сварных швах, при нагружении конструкции выше допустимого предела, при действии на конструкцию ударных и других видов динамических нагрузок.

Как показывают многочисленные исследования, при низких температурах при работе на растяжение, хрупкость при низких температурах ни у стали ни у направленного металла не проявляется, а ударная вязкость при испытании образцов с надрезом, с понижением температуры снижается. При этом, определенному значению ударной вязкости соответствует определенная температура хрупкости. Разрушение конструкции из-за хрупкости стали, протекают весьма быстро и при напряжениях более низких, чем расчетные. Чаще всего хрупкое разрушение происходит в конструкциях, выполненных из хладноломких конверторных сталей с повышенным содержанием фосфора или мартеновских кипящих, имеющих «порог хладноломкости» от минус 10 до минус 30, работающих в неотапливаемом помещении или на открытом воздухе (транспортные галереи, крановые конструкции, опоры электропередач).

Особенно неблагоприятно влияют на конструкции наличие концентраторов напряжений – отверстий, прорезей, трещин, подрезов, расположенных в местах и на участках с высокими местными напряжениями и ориентированных поперек направления действующих растягивающих напряжений. Хрупкому разрушению способствует неправильное выполнение сварных работ, особенно в зимнее время, заключающееся в отсутствии подогрева изделий при температуре окружающей среды ниже минус 30, отсутствии защиты от ветра, применении электродов ненадлежащих марок, несоблюдении определенного порядка в последовательности наложения сварных швов, отсутствии контроля за качеством сварных соединений.

Большое число аварий происходит при монтаже конструкций. Причинами, как правило, являются грубые отступления от требований СНиП, низкое качество выполнения работ, отступления от ППР.

Современные металлические конструкции стали более легкие и ажурные и поэтому они более чувствительны ко всяким дефектам монтажа, к нарушению условий их нормальной эксплуатации.

Аварии металлических конструкций могут быть вызваны рядом дефектов, возникших при изготовлении конструкций. К ним можно отнести: применение некачественных материалов для изготовления конструкций, работающих при определенных специфических условиях, низкое качество изготовления соединений; отступления от проекта, недостатки хранения конструкций, необоснованная и не подкрепленная расчетом замена отдельных профилей другими;

Дефекты, допущенные при изготовлении и монтаже, не всегда сразу приводят к аварии. Очень часто аварии происходят и в процессе эксплуатации,

например, при отсутствии периодического осмотра состояния конструкций и их профилактического ремонта, при подвеске к несущим металлическим конструкциям различного дополнительного оборудования, а также внесение различных изменений в существующие конструкции.

Так же к авариям приводят ошибки, при реконструкции усилении конструкций и сооружений. Это главным образом ошибки, допущенные при усилении, которые выполняются в конструкции, находящейся в напряженном состоянии, при усилении, выполненном в условиях эксплуатации сооружений.

К авариям приводят и следующие факторы: перегрузка снегом, наледями производственной пылью, отсутствие защиты конструкций от коррозии, возникающей под действием климатических факторов и агрессивной производственной среды.

Наиболее типичными конструкциями, аварии которых происходят в результате усталости металла от часто повторяющихся циклических нагрузок, являются подкрановые балки.

Аварийное состояние в металлических конструкциях и их обрушение могут иметь место при вполне доброкачественных во всех отношениях конструкциях, правильно выполненном монтаже и нормальной эксплуатации вследствие дефектов оснований, на которых установлены металлические конструкции. Поэтому перед монтажом необходимо тщательно проверить, правильно ли выполнены те конструкции, на которые будут установлены металлические, и в отдельных случаях состояние грунтов под подошвой фундамента.

Однако практика показывает, что нередко аварии и обрушения конструкций, которые вызваны случайными явлениями и не могут быть предусмотрены заранее. Изучение последствий таких аварий позволяет выявить ряд конструктивных, монтажных и других дефектов и изыскать пути дальнейшего развития и усовершенствования конструкций или отдельных узлов. Особенно богато примерами такими примерами мостостроение.



Рисунок 1 – Основные причины аварий строительных конструкций.

Секция 2. Строительные конструкции

Таблица 1 – Основные причины аварий и способы их предотвращения

Причины возникновения аварий	Описание нарушений и дефектов	Способ предотвращения аварий
Низкое качество использование материалов для проектирования	Некачественное проведение инженерно-геологических изысканий. Отсутствие полных данных о возможных статических силовых воздействиях. Отсутствие полных данных о динамических воздействиях	Проведение изысканий в полном объеме и получение полных исходных данных для проектирования.
Ошибки в проектах на разных стадиях	Ошибки в расчетах. Отсутствие метода точного расчета. Неполный учет возможных воздействий. Применение недостаточно проработанных расчетных схем, превращающихся в изменяемые при незначительных нарушениях в эксплуатации. Изменение принятых решений на последующих стадиях проекта. Недостаточность указаний об особенностях изготовления, монтажа, эксплуатации с целью соблюдения расчетных схем воздействий.	Проведение расчетов с проверками,
Низкое качество исходных материалов	Применение непроектной марки стали. Дефекты металлопроката. Структурные дефекты. Превышение норм ГОСТов по предельному содержанию углерода, кремния, серы, фосфора и т.д.	Соблюдение норм ТУ, контроль качества.
Дефекты изготовления конструкций	Несоблюдение геометрических размеров. Замена проектного материала низкокачественным, низкого качества. Дефекты сварных швов.	Соблюдение норм изготовления, проверка качества.
Дефекты монтажа	Несоблюдение геометрических размеров. Небрежное складирование, в результате чего возникают дефекты. Небрежное выполнение подготовительных работ, в результате чего меняется расчетная схема в стыках. Изменение расчетных схем конструкций ввиду неправильной стыковки.	Соблюдать правила ППР, проводить контроль качества монтажа
Нарушение правил эксплуатации	Несвоевременная уборка снега, технологической пыли. Подвеска дополнительных грузов к конструкциям без расчетов. Перегрузка перекрытий дополнительными грузами.	Соблюдение правил эксплуатации, проведение неразрушающего контроля качества

Выводы

Изучив и проанализировав ранее опубликованные работы, можно сделать вывод, что к основным причинам, приводящим к авариям строительных конструкций можно отнести ошибки при проектировании, недостаточный технический надзор и контроль качества при изготовлении и монтаже, нарушение правил эксплуатации зданий и сооружений, нарушение норм и технических условий. Изучив и обобщив общую картину возникновения аварии, была разработана диаграмма (рисунок 1), на которой показана частота возникновения аварийных ситуаций в зависимости от изученных причин. Выявленные закономерности не являются четкими, так как затруднительно однозначно установить границу между причиной аварии и ее следствием, однако они могут упростить не только исследование причин возникновения аварий, но и профилактику их в дальнейшем. В таблице 1 приведены результаты исследований причин аварий строительных конструкций и способов их предотвращения.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
2. Леденев В.В. Аварии в строительстве. Причины аварий зданий и сооружений: учеб. пособие / В.В. Леденев – Тамбов, 2014.
3. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. СПб., 2004.
4. Физдель И.А. Дефекты и методы их устранения в конструкциях и сооружениях: 2-е допол. И исправленное / И.А. Физдель. – М.: Стройизд, 1970. – 176с.

**МЕТОДЫ РАСЧЕТА СЦЕПЛЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ
АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ**

Кожушный В.С., Моргунов М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Рассмотрены основные теоретические методы расчета сцепления арматуры с бетоном. Работа стеклопластиковой арматуры с бетоном существенным образом отличается от работы стальной арматуры в бетоне. Это связано с тем, что в отличие от стальной арматуры стеклопластиковая арматура при обжатии бетоном деформируется в поперечном направлении, что существенно влияет на её сцепление с бетоном.

The main theoretical methods of calculation of coupling of fittings with concrete are considered. Operation of fiberglass fittings with concrete essentially differs from operation of steel fittings in concrete. It is connected with the fact that unlike steel fittings fiberglass fittings when sinking by concrete are deformed in the cross direction that essentially influences its coupling with concrete.

Стеклопластиковая (GFRP) арматура наиболее популярна среди других видов композитной арматуры за счет сочетания низкой стоимости с высокой прочностью и химической инертностью структурных волокон. Однако низкий модуль упругости этой арматуры (по отношению к стали), как правило, обуславливает оптимальное снижение жесткости бетонных элементов, армированных подобными стержнями. Таким образом, несоответствие критериям пригодности к эксплуатации (в основном из-за повышенной деформативности конструкции) часто становится основной проблемой при проектировании. Известно, что предсказание деформаций тесно связано с механическими свойствами, принятыми при моделировании зоны контакта арматуры и бетона.

Коррозия арматуры в бетоне приводит к деградации железобетонных конструкций [2]. Применение полимерных композитных материалов можно рассматривать как перспективную альтернативу стали. В настоящее время часто используемый тип неметаллической арматуры – стеклопластиковые стержни. Преимущества такой арматуры (перед стальной) – высокая прочность, низкая плот-

ность и сравнительно низкая стоимость [5, 6]. Таким образом, предельное состояние по пригодности к эксплуатации часто становится руководящим критерием при проектировании подобных конструкций.

Анализ экспериментальных и теоретических исследований напряженно-деформированного состояния (НДС) стеклопластиковой арматуры в области контакта с бетоном показал, что НДС определяется рядом физических, химических и механических факторов:

- 1) Закрепление арматуры в бетоне, с сопутствующим появлением усилий распора и сил трения.
- 2) Зацеплением за бетон микрорельефа поверхности стеклопластиковой арматуры.
- 3) Силами трения в площади контакта бетона со стеклопластиковой арматурой, которые обусловлены радиальным давлением усадки бетона.
- 4) Силами трения, которые вызваны поперечным обжатием бетона в следствие внешней нагрузки.
- 5) Адгезией цементного геля с арматурой.

Сложное напряженно-деформированное состояние зоны контакта арматуры и может привести к следующим деформациям (см. рисунок 1): конические трещины, радиальное расщепление и смятие бетона в зоне концентрации напряжений сжатия вдоль ребер арматурного стержня. Каждый из этих случаев может привести к деградации механических свойств (жесткости) сцепления и, как следствие, к разрушению элемента.

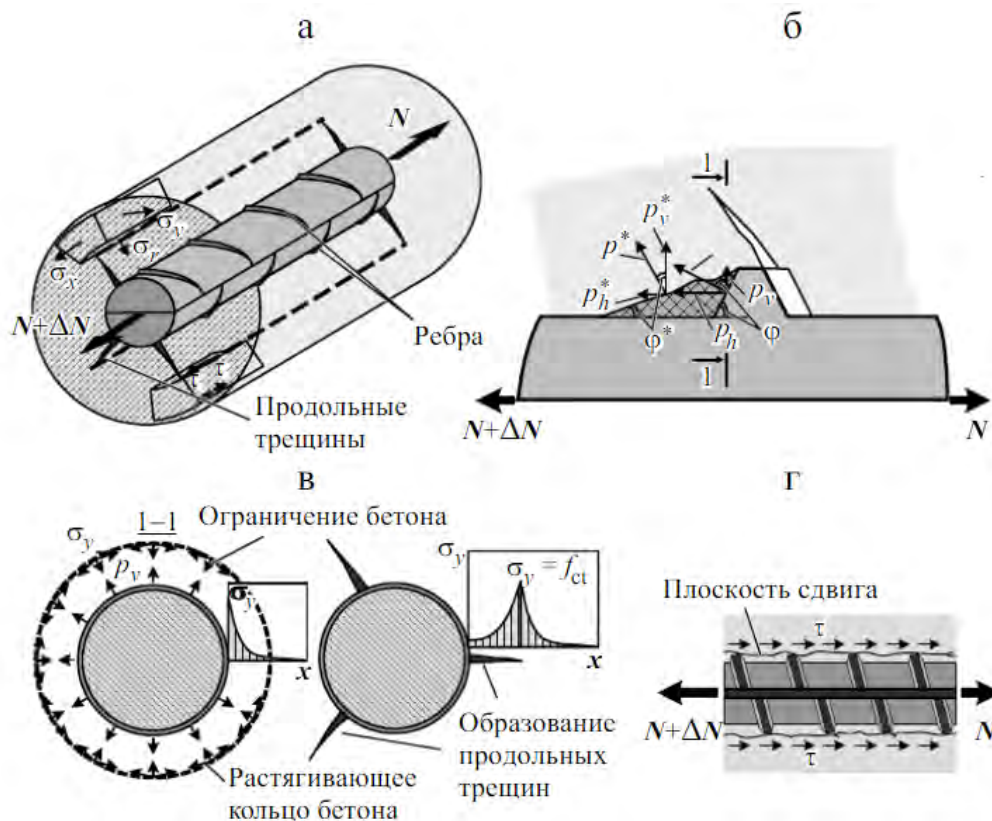


Рисунок – 1 Напряженное состояние бетона вокруг арматурного стержня периодического профиля (а); образование конических трещин (б); расщепляющее напряжение (в); смятие бетона ребрами арматуры (г).

Основным фактором, определяющим несущую способность и долговечность бетонной конструкции с стеклопластиковой арматурой, является ее сцепление ($\tau_{\text{сц}}$) с бетоном. Более 90% бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в реальных условиях, подвергнуты изгибу, внецентренному сжатию или растяжению. Отсюда следует, что возникают растянутые зоны, в которых величина сцепления арматуры с бетоном весьма значительна. Одним из существенных видов напряженно-деформированного состояния бетонных конструкций является изгиб.

Экспериментальные исследования стеклопластиковой арматуры [1, 4] показали, что величина сцепления этого типа арматуры с бетоном достаточно высокая. При этом неясен механизм появления повышенной величины сцепления арматуры с бетоном.

Известно 7 математических моделей сцепления бетона и арматуры:

- модель идеального сцепления арматуры и бетона;
- модель с добавлением дополнительного слоя с пониженным модулем деформации;
- модель с использованием связей с конечной жесткостью;
- модель с исключением разрушенных элементов из работы;
- модель с учётом микрорастрескивания;
- модель упруго-поврежденного материала;
- модель с упруго-пластично-поврежденного материала.

Наибольшее распространение получили первые три модели, остальные модели требуют наличия программных комплексов высокого уровня, как ANSYS, Nastran и другие.

Модель идеального сцепления арматуры и бетона не учитывает несплошность среды и микрорастрескивание, однако широко и повсеместно используется в численных расчётах железобетонных элементов, так как потеря несущей способности арматуры достигается быстрее, чем утрачивается сцепление между арматурой и бетоном, что требует дальнейшего усовершенствования данной модели.

Рассмотрим применение данной модели при рассмотрении сцепления стеклопластиковой арматуры с бетоном.

Для построения расчётной модели, описывающей работу стеклопластиковой арматуры в бетоне, её сечение следует представить состоящим из внешней тонкостенной цилиндрической оболочки, заполненной продольно расположенными базальтовыми нитями (рисунок 2) [7].

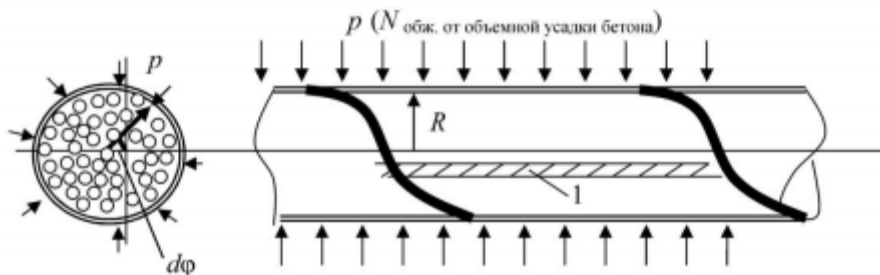


Рисунок 2 – Расчетная схема взаимодействия корпуса стеклопластиковой арматуры и окружающего бетона при его усадке от действия объемных усадочных усилий

Стенка оболочки представляет собой композицию, состоящую из продольных базальтовых нитей со связующим из полимерного материала на основе эпоксидных смол [3]. Облицовочный слой (корпус) цилиндрической оболочки с целью увеличения сцепления с бетоном имеет винтовое подкрепление из стеклопластика.

Выделим полосу 1 между витками стеклопластиковой оболочки (см. рисунок 2). Расчетная схема такой полосы представлена на рисунке 3. Здесь под величиной p подразумеваются усилия обжатия в оболочке, возникающие в следствие усадочных явлений в бетоне.

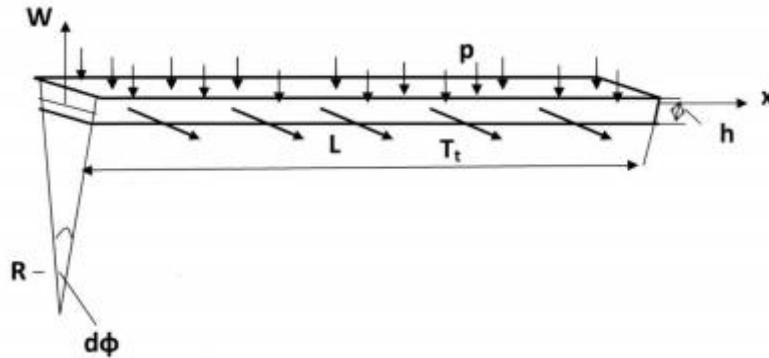


Рисунок 3 – Расчетная схема единичной полосы, выделенной из стеклопластиковой оболочки

В дальнейшем будем предполагать, что базальтовые нити, расположенные внутри оболочки, не влияют на величину радиальных перемещений.

Деформированное состояние выделенной полосы описывается дифференциальным уравнением вида:

$$\frac{d^4 W}{dx^4} + 4\beta^4 W = -\frac{p}{D}, \quad (1)$$

где $\beta = \sqrt{\frac{3(1-\mu^2)}{R^2 h^2}}$; $D = \frac{E h^3}{12(1-\mu^2)}$ – изгибная жесткость оболочки.

Здесь μ – коэффициент Пуассона; R и h – соответственно, радиус и толщина оболочки; p – давление бетона на арматуру (усилие обжатия за счет усадки бетона).

Решение уравнения (1) запишем в виде:

$$W = e^{-\beta x} C_1 \sin(\beta x) + C_2 \cos(\beta x) + e^{\beta x} C_3 \sin(\beta x) + C_4 \cos(\beta x) + \bar{W}, \quad (2)$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 – произвольные постоянные, зависящие от граничных условий; $\bar{W}$ – параметр уравнения, связанный с нагрузкой p , который для рассматриваемого случая находится по формуле:

$$\bar{W} = -\frac{p}{4\beta^4 D}, \quad (3)$$

Дальнейшее решение зависит от значений параметров L, h, R . Если выполняется условие $L > 2,5\sqrt{Rh}$, то радиальные перемещения W при больших значениях x должны оставаться конечными и малыми. Отсюда следует, что постоянные C_3 и C_4 должны быть равными нулю. В этом случае выражение (2) упростится и запишется в виде:

$$W = e^{-\beta x} (C_1 \sin(\beta x) + C_2 \cos(\beta x)) + \bar{W}, \quad (4)$$

Предполагая, что радиальные перемещения вдоль винтовой линии равны нулю, для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 запишем граничные условия в виде:

при $x = 0$, $W = 0$;

при $x = L$, $W = 0$.

С учетом указанных граничных условий получаем следующее выражение, служащее для определения величин радиальных перемещений оболочки (корпуса) базальтопластиковой арматуры при обжатии бетоном:

$$W = \bar{W} [e^{-\beta x} (\sin(\beta x) + \cos(\beta x))], \quad (5)$$

На рисунке 4 приведена эпюра прогибов межвитковой области оболочки арматуры.

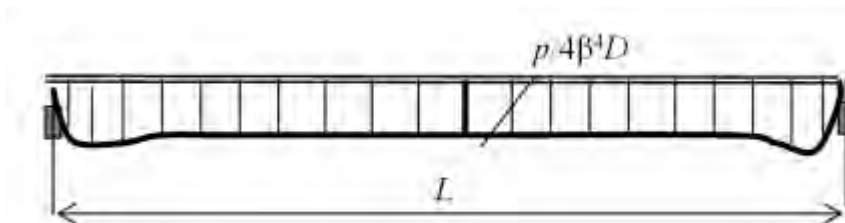


Рисунок 4 – Эпюра прогибов межвитковой области оболочки арматуры

Таким образом, при обжатии стеклопластиковой арматуры бетоном происходит неравномерная деформация оболочки арматуры, что создает благоприятные предпосылки для улучшения сцепления её с бетоном.

При работе арматуры в бетоне возникают поверхностные касательные напряжения τ_1 и касательные погонные усилия вдоль винтового подкрепления τ_2 (рисунок 5).

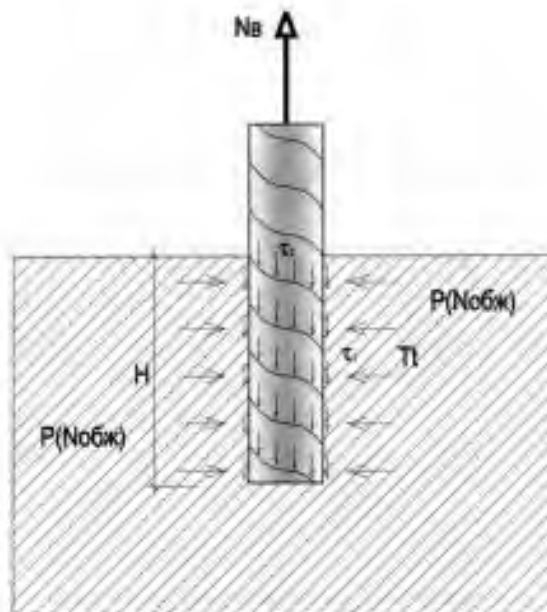


Рисунок 5 – Распределение напряжений и усилий в зоне контакта бетона и стеклопластиковой арматуры

Проецируя усилия на направление оси арматуры, получим следующее выражение:

$$N_B = 2\pi RH * \tau_1 + 2\pi RH * n * \tan(\alpha) * \tau_2, \quad (6)$$

где n – число витков винтового подкрепления; α – угол подъема винтовой линии. Значения касательного напряжения τ_1 (Н/м²) и погонного усилия τ_2 (Н/м) зависят от многих факторов.

В заключение следует отметить, что необходимо провести всесторонние экспериментальные исследования сцепления композитной арматуры с бетоном и уточнения модели. А дальнейшее развитие данной математической модели позволит более полно описывать особенности сцепления стеклопластиковой арматуры с бетоном.

Список литературы

1. Берг, О.Я. Механические свойства стеклопластиковой арматуры больших сечений [Текст] / О.Я. Берг, Ю.М. Нагевич // Бетон и железобетон. – 1964. – № 12. – С. 52-55.
2. СП 63.13330.2012. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 – С. 167.
3. СП 295.1325800.2017. Свод правил. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования – С. 48.
4. Астрова, Т.Н. Анкеровка стержней арматуры периодического профиля в обычном и предварительно напряженном железобетоне [Текст] / Т.Н. Астрова, С.А. Дмитриев, Н.М. Мулин // Расчет железобетонных конструкций: сборн. трудов НИИЖБ. – М., 1961. – С. 74-126.
5. Кожушный В.С., Моргунов М.В. Область применения стеклопластиковой арматуры в строительной индустрии //«Инновации в строительстве-2017»: материалы международной научно-практической конференции, 20-22 ноября 2017 г., Брянск Том 1. – 2017. – С. 230-236.
6. Радченко, А.Н. Проблемы теоретических расчетов и работы композитной арматуры в бетоне/ А.Н. Радченко, Е.И. Курочкина, Моргунов М.В //Наука молодых – будущее России: сборник научных статей 2-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (13-14 декабря 2017 года), в 5-х томах, Том 4. Юго-Зап. гос. ун-т., Курск: ЗАО Университетская книга, 2017, – С. 163-168.
7. Кустикова Ю.О., Римшин В.И. Теоретические основы расчета сцепления стеклобазальтопластиковой арматуры с бетоном. Известия ОрелГТУ, Серия «Строительство. Транспорт» 2/22 (554) 2009, март-апрель. – С.29-33.

ПРОЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ УЧЕТЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ

Макушников М.Е., Моргунов М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В работе рассматривается расчетная модель, учитывающая деградацию бетона, вызванную карбонизацией, при эксплуатации железобетонной изгибаемой конструкции в агрессивной среде с учетом силовых факторов. Приведены формулы для расчета глубины зоны деградации бетона и расчетная схема прочности поперечного сечения, нормального к оси изгибаемого элемента.

In this paper, a calculation model that takes into account the degradation of concrete, caused by carbonization, during operation of reinforced concrete bent structure in aggressive environment, taking into account force factors. The above formulas for calculating the depth of concrete degradation zone and the design scheme of the strength of the cross section, normal to the axis of the bent element.

Данные обследований показывают, что силу воздействия различных факторов железобетонные конструкции могут работать, не весь предполагаемый срок службы здания, а гораздо меньше. Практика эксплуатации показывает, что каждое изделие и конструкция имеют определенный срок службы, что в немалой степени влияет на срок службы здания в целом. Важным фактором, определяющим долговечность конструкции, являются воздействия агрессивной среды. Для конструкции практически всегда ведется отдельно расчет на воздействие силовых факторов и агрессивных сред. Расчетные модели, учитывающие деградацию бетона и арматуры, при эксплуатации конструкций в агрессивных средах с учетом силовых факторов практически не разработаны. В работе [6] предложены основные предпосылки для оценки долговечности железобетонных конструкций при действии химически активных сред. Железобетонные конструкции могут подвергаться различным воздействиям агрессивной среды [5]. Рассмотрим модель изгибаемого элемента при учете карбонизации.

Кинетика процесса карбонизации бетона описывается первым законом А. Фика, устанавливающим связь между глубиной слоя карбонизации бетона и временем от момента изготовления конструкции. В основу уравнения кинетики карбонизации бетона приняты следующие допущения:

- падение концентрации углекислого газа в порах бетона происходит линейно;
- у поверхности бетона концентрация углекислого газа соответствует его концентрации в окружающем воздухе, а в зоне химической реакции равна нулю, так как здесь углекислый газ полностью поглощен;
- градиент концентрации углекислого газа для небольших отрезков времени является величиной постоянной.

Согласно закону Фика оценка глубины нейтрализации бетона выполняется по следующей зависимости:

$$x_c = \sqrt{2D' * C_s * t/m_o} \quad (1)$$

где D' – эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в карбонизованном бетоне ($\text{см}^2/\text{с}$); C_s – концентрация углекислого газа на поверхности бетона или в окружающем воздухе (относительная величина по объему); m_o – количество углекислого газа, поглощенного единицей объема бетона (реакционная емкость бетона); t – время воздействия, с.

Исходные данные для расчета глубины карбонизации бетона получают на основе экспериментальных исследований эксплуатируемых конструкций или в специальных камерах с повышенным содержанием газа.

Величина m_o характеризует способность бетона поглощать углекислый газ и зависит от расхода цемента, его минералогического состава, степени гидратации и структуры пор.

Для определения величины m_o получено следующее уравнение [3, 4]

$$m_o = 0,294 * a * Ц * a_K \quad (2)$$

Величина m_o характеризует способность бетона поглощать углекислый газ и зависит от расхода цемента, его минералогического состава, степени гидратации и структуры пор. Согласно [2, 4] приближенно реакционную способность можно рассчитать по формуле

$$m_o = 0,4V_c * P_{CaO} * f_K \quad (3)$$

где V_c – количество цемента в 1 дм^3 бетона; P_{CaO} – относительное содержание CaO в цементе (для ПЦ $P_{CaO} = 0,6$); f_K – степень карбонизации бетона, равная отношению CaO , связанного в карбонат к общему CaO в цементе ($f_K = 0,6$).

Эффективный коэффициент диффузии D' углекислого газа в пористом теле бетона характеризует его проницаемость и зависит от параметров структуры бетона и его влажности. Для расчета эффективного коэффициента диффузии D' Бабицким В.В. [3] было получено уравнение, связывающее диффузионные характеристики бетона с его капиллярной пористостью бетона (P_K)

$$D' = k_{ц} * D_0 (P_K^6 - 0,03)^3 \quad (4)$$

где $k_{ц}$ – коэффициент, определяющий влияние вида цемента (для портландцемента $k_{ц} = 12$, для шлакопортландцемента $k_{ц} = 20$); D_0 – коэффициент диффузии углекислого газа в воздухе ($D_0 = 1,65 \cdot 10^{-1} \text{ см}^2$)

В результате формула для определения глубины зоны деградации бетона имеет вид

$$x_c = \sqrt{\frac{2C_s * t * D'}{m_o * m_c / 300}} \quad (5)$$

где C_s – концентрация углекислого газа на поверхности бетона или в окружающем воздухе (относительная величина по объему); t – длительность эксплуатации конструкции, с; x_c – глубина нейтрализации бетона в случае карбонизации, см; m_o – реакционная емкость бетона, $\text{кг}/\text{м}^3$; m_c – расход цемента в 1 м^3 бетона, кг.

Рассмотрим изгибаемый элемент с прямоугольной формой поперечного сечения и одиночной арматурой. Расчетное сопротивление в пределах поврежденной зоны может изменяться различным образом. Предположим полное выключение из работы зоны деградации. Простейшая расчетная схема прочности поперечного сечения, нормального к оси изгибаемого элемента, представлена на рисунке 1.

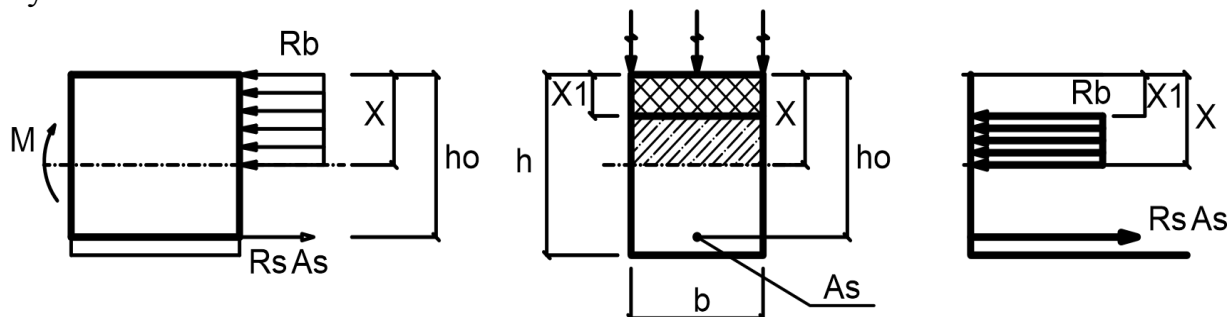


Рисунок 1 – Расчетные схемы изгибаемого элемента с учетом поврежденной зоны верхнего слоя бетона

На расчетной схеме рисунке 1 показано, что зона деградации (x_1) находится в пределах сжатой зоны ($x_1 \leq x$). x_1 – высота зоны деградации.

Условие прочности изгибаемого железобетонного элемента можно записать в виде неравенства:

$$M \leq (a_{mt} - a_{mti}) * R_b * b h_0^2 \quad (6)$$

где $a_{mt} = \xi(1 - 0,5\xi)$; $\mu = A_s/bh_0$

$a_{mti} = \xi(1 - 0,5\xi_1)$

$\xi = x/h_0$; $\xi_1 = x_1/h_0$

Подставляя в условие прочности зависимость нахождения зоны деградации можно определить несущую способность железобетонного изгибаемого элемента на любом этапе его эксплуатации и соотнести ее с проектной.

Развивая данную методику, можно с достаточной достоверностью определять срок службы и несущую способность железобетонных конструкций в условиях совместного действия силовых факторов и агрессивных сред.

Литература

1 Алмазов, В.О. Прогнозирование поведения железобетонных конструкций при сложных воздействиях природного и техногенного характера / В.О. Алмазов [и др.] // Строительство и архитектура, 1994. – № 11. – С. 52-56.

2 Алексеев, С.Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С.Модры, П. Шисль. – М., Стройиздат, 1990. – С. 320.

3 Бабицкий, В.В. Оценка толщины защитного слоя бетона и степени коррозии стальной арматуры железобетонных конструкций / В. В. Бабицкий // Строительная наука и техника, 2011. – № 3. – С. 13-16

4 Бабушкин, В.И. Термодинамика силикатов / В.И. Бабушкин, Г.М. Матвеев, О.П. Мчедлов-Петросян. // 4-е изд., перераб. и доп. – М., Стройиздат., 1986–С.406

5 Моргунов, М.В. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций в агрессивной среде/ Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: сборник научных статей XIX научно-методической конференции ВИТУ (19 марта 2015 года)// ВИ(ИТ) ВА МТО (ВИТУ). – СПб., 2015. – С.28-32

6 Селяев, В.П. Расчет долговечности железобетонных конструкций: журнал Вестник мордовского университета / Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва. – Саранск, 2008. – С.140-149

УДК 624.012.14:630*382.4

ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОЖАРНАЯ НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ ВЫШКА (ПНВ-35)

Пикин Д.Ю., Навоев Е.А., Шрамов Н.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Цель проведения обследования пожарной наблюдательной вышки (ПНВ-35) заключалась в определении ее действительного технического состояния, получении фактических данных о размерах, прочности, дефектах и повреждениях конструкции, которые необходимы для оценки состояния ее несущей способности и возможности дальнейшей нормальной эксплуатации.

Пожарные наблюдательные вышки используются для мониторинга лесных пожаров. Основным недостатком данного метода обнаружения является необходимость постоянного использования человеческого труда в каждой точке расположения вышки, в течение всего времени пожароопасного сезона (для обеспечения оперативности) и ограничение территории мониторинга количеством установленных вышек. В настоящее время этот метод практически не реализуем из-за отсутствия достаточного количества специалистов на местах. Также существенным недостатком является высокая стоимость эксплуатации и поддержание в рабочем состоянии вышки.

На сегодняшний день наиболее актуальным является использование вышек сотовой связи для мониторинга лесных пожаров. На которые устанавливают камеры видеонаблюдения, диапазон видимости которых, в совокупности составляет 360°, что позволяет в кратчайшие сроки ликвидировать возгорание и причину лесного пожара.

Обследуемая пожарная наблюдательная вышка ~ 36 м представляет пространственную стержневую металлическую конструкцию постоянного квадратного сечения, размерами по наружным граням 1400×1400 мм, система решетки – крестовая. Вышка состоит из 5 секций и смотровой площадки.

Секция 2. Строительные конструкции



Рисунок 1 – Общий вид ПНВ-35

Фундамент – монолитный на естественном основании. Крепление вышки к фундаменту на восьми анкерных болтах диаметром 30 мм.



Рисунок 2 – Узел крепления вышки к фундаменту

Секция №1 – низ на отм. ± 0.000 , верх на отм. $+7.200$; сечение ветвей – одиночный равнополочный уголок 160×18 мм; сечение элементов решетки: рас-

порки – одиночный равнополочный уголок 63×6 мм, раскосы – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм. Соединение элементов в узлах на сварке; соединение элементов крестовой решетки на сварке через листовую фасонку размерами 160×200 мм. В пределах секции выполнена промежуточная площадка с элементами обрамления из одиночного равнополочного уголка 50×4 мм и настила из листовой с ромбическим рифлением стали толщиной 4 мм; лаз размерами 700×750 мм. Переходная лестница: косоуры – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм, ступени – 2 диаметра 16 класса А-III, поручни – круглый прокат диаметром 16 мм.

Секция №2 – низ на отм. ± 7.200, верх на отм. +12.600; сечение ветвей – одиночный равнополочный уголок 160×18 мм; сечение элементов решетки: распорки – одиночный равнополочный уголок 63×6 мм, раскосы – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм. Соединение элементов в узлах на сварке; соединение элементов крестовой решетки на сварке через листовую фасонку размерами 160×200 мм. Переходная лестница: косоуры – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм, ступени – 2 диаметра 16 класса А-III, поручни – круглый прокат диаметром 16 мм.

Секция №3 – низ на отм. ± 12.600, верх на отм. +19.800; сечение ветвей – одиночный равнополочный уголок 140×10 мм; сечение элементов решетки: распорки – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм, раскосы – одиночный равнополочный уголок 35×4 мм. Соединение элементов в узлах на сварке; соединение элементов крестовой решетки на сварке через листовую фасонку размерами 100×150 мм. В пределах секции выполнена промежуточная площадка с элементами обрамления из одиночного равнополочного уголка 50×4 мм и настила из листовой с ромбическим рифлением стали толщиной 4 мм; лаз размерами 700×750 мм. Переходная лестница: косоуры – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм, ступени – 2 диаметра 16 класса А-III, поручни – круглый прокат диаметром 16 мм.

Секция №4 – низ на отм. ± 19.800, верх на отм. +27.000; сечение ветвей – одиночный равнополочный уголок 110×8 мм; сечение элементов решетки: распорки – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм, раскосы – одиночный равнополочный уголок 32×4 мм. Соединение элементов в узлах на сварке; соединение элементов крестовой решетки на сварке через листовую фасонку размерами ~100×150 мм. В пределах секции выполнена промежуточная площадка с элементами обрамления из одиночного равнополочного уголка 50×4 мм и настила из листовой с ромбическим рифлением стали толщиной 4 мм; лаз размерами 700×750 мм. Переходная лестница: косоуры – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм, ступени – 2 диаметра 16 класса А-III, поручни – круглый прокат диаметром 16 мм.

Секция №5 – низ на отм. ± 27.000, верх на отм. +34.200; сечение ветвей – одиночный равнополочный уголок 90×7 мм; сечение элементов решетки: распорки – одиночный неравнополочный уголок 75×50×5 мм, раскосы – одиночный равнополочный уголок 32×4 мм. Соединение элементов в узлах на сварке; соединение элементов крестовой решетки на сварке через листовую фасонку размерами ~100×150 мм. В пределах секции выполнена промежуточная площадка с

Секция 2. Строительные конструкции

элементами обрамления из одиночного равнополочного уголка 50×4 мм и настила из листовой с ромбическим рифлением стали толщиной 4 мм; лаз размерами 700×750 мм. Переходная лестница: косоуры – одиночный равнополочный уголок 50×4 мм, ступени – 2 диаметра 16 класса А-III, поручни – круглый прокат диаметром 16 мм.

Соединение секций между собой на листовых накладках болтами диаметром 20 мм длиной 75 мм; количество болтов на каждую ветвь по стыкам секций: С1-С2 – 18 шт., С2-С3 – 14 шт., С3-С4 – 8 шт., С4-С5 – 6 шт. Листовые накладки с лицевой стороны по каждой грани ветви толщиной 10 и 8 мм, соответственно длиной 1080 и 660 мм, шириной по размеру уголка ветви ниже расположенной секции.

Смотровая площадка выполнена из гнутого швеллера № 16 и одиночного равнополочного уголка 90×7 мм, обшивка – обрезная доска толщиной 35 мм.

Произведено натурное обследование пожарной наблюдательной вышки (ПНВ-35), в том числе: разработана программа технического обследования объекта, произведено визуальное и инструментальное обследование строительных конструкций вышки, и фотофиксация объекта обследования. На основе обследования произведён анализ текущего состояния строительных конструкций ПНВ-35. Разработаны заключения, выводы и рекомендации по дальнейшей нормальной эксплуатации.

В процессе натурального обследования, установлено фактическое состояние конструктивных элементов вышки (таблица 1).

В результате технического обследования строительных конструкции пожарной наблюдательная вышка (ПНВ-35), можно сделать следующие выводы: выявлены значительные дефекты и повреждения конструкций вышки, существенно снижающие несущую способность, эксплуатационную надежность и влияющие на её безопасную эксплуатацию.

Таблица 1 – Техническое состояние элементов и конструкций (предложения по дальнейшей эксплуатации)

Конструктивные характеристики, размеры и сечения элементов, материал	Техническое состояние, описание, величины и характеристики дефектов и деформаций, предположительные причины	Рекомендации по проведению ремонта, устранению аварийного состояния	
		Мероприятия	Срок
Раскос (см. рисунок 3 справа)	Прогиб полки уголка на длине 200 мм	усиление	1 мес.
Узлы крепления распорок	Хрупкое разрушение фасонки и распорок (аварийное состояние)	усиление	1 нед.
Распорки (см. рисунок 3 слева)	Локальные искривления	усиление, ремонт	1 мес.
Стойки (см. рисунки 5, 6)	Локальные искривления, нарушение целостности сечения	усиление	
Вышка (см. рисунок 1,2)	Поверхностная 100% коррозия всех элементов (мах 0.2 мм)	ремонт	3 мес.
Монтажные стыки (см. рисунок 4)	Щелевая коррозия от 1 до 2 мм	ремонт	1мес.



Рисунок 3 – Местная потеря устойчивости стержня решетки и общая потеря устойчивости стержня решетки



Рисунок 4 – Щелевая коррозия в местах сопряжения



Рисунок 5 – Нарушение целостности сечения несущих стоек



Рисунок 6 – Деформация и потеря устойчивости конструкций лестницы

Состояние вышки можно определить, как переходное: от ограничено-работоспособного к аварийному; вышка может быть допущена к условиям нормальной эксплуатации с обеспечением требуемого уровня надежности и минимального уровня безопасности только при выполнении ремонта и усиления дефектных элементов. До выполнения ремонтно-восстановительных работ и усиления конструктивных элементов запретить доступ людей в сорокаметровую зону от оси вышки.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании".
2. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

3. Ведомственные строительные нормы 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. М.: Госгражданстрой. Государственный комитет по гражданскому строительству и архитектуре при госстрое СССР, 1988.

4. Рекомендации по оценке надёжности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. Москва 2001 г.

5. Металлические конструкции /Под ред. Н.П. Мельникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 776с. – (Справочник проектировщика).

ОБСЛЕДОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Пикин Д.Ю., Подгорная И.О. (БГИТУ, г. Брянск, Россия)

В статье представлены результаты обследования технического состояния фундаментов многоэтажного жилого дома. Необходимость проведения обследования обусловлена появлением дефектов и повреждений в процессе производства работ по бетонированию в холодный период года. Приведены результаты исследования причин появления и характера возникновения трещин с применением приборов неразрушающего контроля. Даны выводы о состоянии фундаментов здания и рекомендации по устранению обнаруженных дефектов и повреждений.

The article presents the results of a survey of the technical condition of the foundations of a multi-storey residential building. The need for inspection is due to the appearance of defects and damage in the production of concreting works in the cold period of the year. The results of the study of the causes and nature of cracks with the use of non-destructive testing devices. Conclusions about the state of the foundations of the building and recommendations for the elimination of defects and damage are given.

Необходимость технического обследования фундаментов зданий, как правило, обусловлена изменениями проектных нагрузок, связанных с реконструкцией объекта, заменой или усилением элементов; надстройкой этажей; строительство новых объектов вблизи существующих; возникновение дефектов и повреждений в конструкциях [1]. Дефекты и повреждения фундаментов, возникающие на этапе строительства, являются особенно опасными, так как снижается несущая способность, прочность, эксплуатационная надежность и целостность конструкций еще до приложения всех проектных нагрузок. В этих случаях возникает необходимость проведения технического обследования, включающего в себя: визуальный осмотр с локализацией опасных мест для более детальной диагностики; выявление дефектов, влияющих на эксплуатационную надежность здания, а также определение причин их возникновения; разработка выводов и рекомендаций, необходимых для устранения обнаруженных дефектов и дальнейшей безопасной эксплуатации обследованных конструкций [2].

Секция 2. Строительные конструкции

В данной статье производится оценка технического состояния монолитных железобетонных фундаментов строящегося многоэтажного жилого дома в г. Брянск. Производство работ по бетонированию фундаментов выполнялось при отрицательных температурах; для равномерного твердения бетона применялся метод электропрогрева. При демонтаже опалубки на поверхности стен подвала были обнаружены горизонтальные и вертикальные трещины (рисунки 1-3). В результате визуального осмотра было установлено, что дефекты являются нехарактерными для усадки бетона. Поэтому возникла необходимость установления степени опасности обнаруженных дефектов и разработки мероприятий по их устранению. Дефекты и повреждения возникли на участке в осях «А-Е» между осями «1-5» (рисунок 4).



Рисунок 1-3 – Общий вид вертикальных трещин и дефектов по поверхности фундаментов

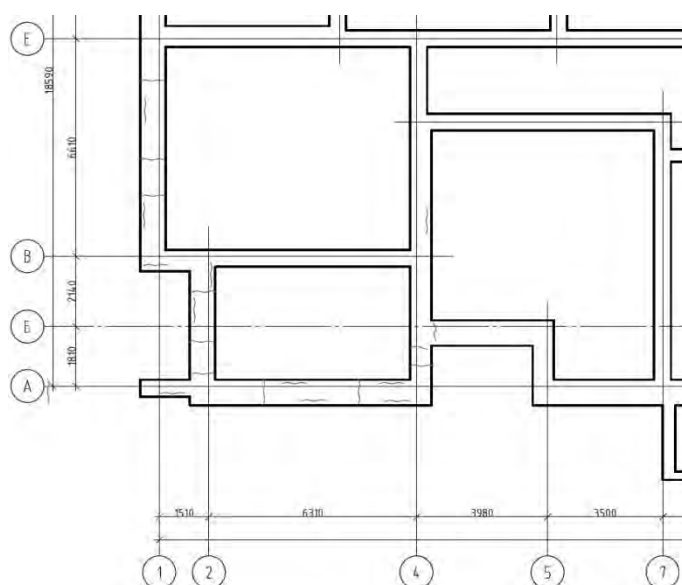


Рисунок 4 – Фрагмент плана фундамента в осях А-Е и 1-5 с изображением трещин

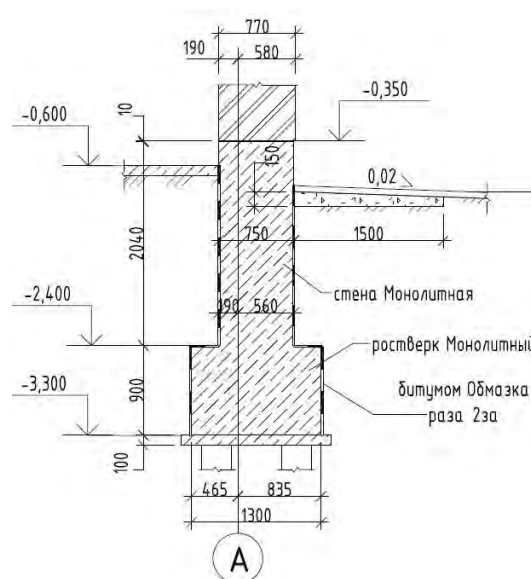


Рисунок 5 – Проектное решение фундамента (сечение по оси А)

По проекту – здание 17-этажное, прямоугольной формы с выступающими и западающими объемами лоджий – размеры в плане 42,09×18,59 м. Обследуемые фундаменты – железобетонные монолитные, одновременно являются стенами подвала. Высота – 2,05 м, ширина – 0,5 м. Монолитный ростверк: ширина – 1,3 м, ширина – 0,9 м. Марка бетона по проекту – М350 (класс В25). Проектное решение фундамента показано на рисунке 5.

Для определения прочности и структуры бетона, глубины трещин и выявления других дефектов непосредственно на объекте были выполнены испытания с применением приборов неразрушающего контроля и диагностики. На момент обследования строительно-монтажные работы приостановлены.

Испытание прочности бетона проводилось дефектоскопом «Пульсар 2.2», предназначенным для измерения времени распространения ультразвука в бетоне в соответствии с требованиями ГОСТ 17624-2012 [3]. Прибор позволяет выявлять дефекты, определять прочность, плотность и модуль упругости строительных материалов, а также звуковой индекс абразивов по предварительно установленным градуировочным зависимостям данных параметров от скорости распространения УЗ импульсов [4].

При исследовании глубины трещин в стенах фундаментов вначале проводились пробные измерения в разных точках поверхности. Затем прибор устанавливался на трещину, после чего проводилась полная и окончательная оценка глубины трещины в фундаментной стене.

После выполнения замеров прибор автоматически производит обработку результата и выдает конечный результат. Результаты исследования занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Определение прочностных характеристик бетона и глубины трещин

N	Конструкция	Глубина трещины, см	Класс бетона	V, %	Материал	Возраст	Услов. стар.	K _c
1	Стена подвала	10,0	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
2	Стена подвала	сквозная	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
3	Стена подвала	сквозная	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
4	Стена подвала	сквозная	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
5	Стена подвала	сквозная	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
6	Стена подвала	сквозная	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
7	Стена подвала	сквозная	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
8	Стена подвала	9,5	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
9	Стена подвала	9,6	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01
10	Стена подвала	4,8	B25	13,5	тяж. бетон	100 суток	норм.	1,01

В результате инструментального исследования выявлены следующие дефекты и повреждения:

– Железобетонные монолитные стены фундамента имеют вертикальные трещины: сквозные (от низа ростверка на всю высоту) и глубиной более трети сечения. Ширина раскрытия трещин – до 0.5-0.7 мм.

– Продольные трещины по верху монолитной стены с глубиной до 5 см.

– Выявлены участки с раковинами и порами на бетонной поверхности.

Выявленные дефекты являются критическими, поскольку снижают несущую способность и эксплуатационную надежность обследованной конструкции, а также возникли еще до приложения проектной нагрузки на фундамент. Техническое состояние оценивается как недопустимое; продолжение строительства на исследуемом объекте возможно только при устранении выявленных дефектов и повреждений.

Заключение

По результатам технического обследования фундаментов строящегося многоэтажного жилого дома в г. Брянск были сделаны следующие выводы:

- исследованная инструментально прочность бетона стен подвала соответствует его требуемой проектной прочности В25 (таблица 1);

- многочисленные вертикальные сквозные и поверхностные трещины являются следствием нарушения технологии бетонирования в зимних условиях. Выявленные дефекты являются критическими, так как механическая безопасность здания, вследствие нарушения целостности фундаментных стен, ухудшилась, и предсказать фактическое поведение исследуемых конструкций во время длительной эксплуатации здания в условиях значительного нагружения не представляется возможным;

- указанные дефекты появились на этапе возведения самих стен подвала без приложения на фундаментные стены расчетной полной нагрузки от вышележащих этажей (для 17-ти этажей);

- в дальнейшем предполагается возникновение коррозии арматуры в теле бетона вследствие проникновения метеорологической влаги через трещины и поры;

- участки с раковинами и порами на бетонной поверхности являются следствием некачественной укладки и уплотнения бетонной смеси.

В результате анализа полученных данных для приведения конструкций фундаментов в исправное состояние необходимо выполнить усиление стен подвала в местах образования трещин методом инъектирования по следующим рекомендациям:

- поверхность стены вблизи трещин очистить от загрязнений стальной щеткой и продуть сжатым воздухом. Верхний слой бетона фундаментной стены демонтировать на толщину 30 см.

- наметить места установки инъекторов с интервалом 500-700 мм по длине трещины. Инъекторы заводят в трещины на глубину 150-200 мм в предварительно высверленные в трещинах отверстия. Диаметр отверстия должен быть на 2-3 мм больше наружного диаметра инъектора. Инъекторы закрепляют в стене

цементно-гипсовым раствором с последующей герметизацией трещин путем их оштукатуривания тонким слоем цементного раствора.

- нагнетание раствора производится через трубки нижнего яруса до вытекания раствора из трубок верхнего яруса. После выдержки в течение 10-15 минут давление снижают до нуля. Рабочее давление нагнетания должно превышать 0,2-0,3 МПа. Цементация производится до условного отказа, за который принимается установившийся в течение 10-15 минут расход раствора равный 0,5 л/мин. Инъектирование следует выполнять без перерыва по каждой трещине. Объем работ определяется по месту.

- устройство набетонки на поверхности стен фундамента.

- поверхности с раковинами расшить, отшлифовать, покрыть уплотняющим гидроизолирующим составом типа «Кальматрон» [5].

После устранения дефектов и повреждений можно возобновить строительство здания. В ходе строительства производить постоянный мониторинг дефектных мест. В случае обнаружения новых дефектов фундаментов следует составить соответствующий акт, уведомить заказчика и проектную организацию и провести повторное обследование.

Список литературы

1. Духов Д. Г., Климов Д. А., Курзанов Ю. А., Романович А. Н. К вопросу обследования оснований и фундаментов зданий и сооружений // «Academy». 2016. № 1(4). с. 40-43.
2. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
3. ГОСТ 17624-2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности и инструкцией по эксплуатации.
4. Инструкция по эксплуатации «Измеритель времени и скорости распространения ультразвука Пульсар-2».
5. Технические рекомендации по устройству антикоррозийной защиты железобетонных емкостей с жидкой агрессивной средой материалами «Кальматрон».
6. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
7. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия».
8. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции».
9. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».
10. Физдель И.А. «Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения». – М.: Стройиздат, 1987. - 336с.

УСИЛЕНИЕ АВАРИЙНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ С ПЕРЕДАЧЕЙ НАГРУЗКИ НА НЕСУЩУЮ СТЕНУ

Пикин Д.Ю., Полякова А.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье рассматривается вариант усиления железобетонной многослойной плиты перекрытия, всвязи с нарушениями при производстве работ по устройству технологического отверстия в плите для системы принудительного дымоудаления на объекте капитального ремонта административного здания, возник риск обрушения данной плиты.

Цель проведения обследования плиты перекрытия 2-го этажа с технологическим отверстием в осях "6-8" × "А1-Б" (рисунок 1) заключалась в определении ее действительного технического состояния, и разработки, при необходимости, варианта усиления.

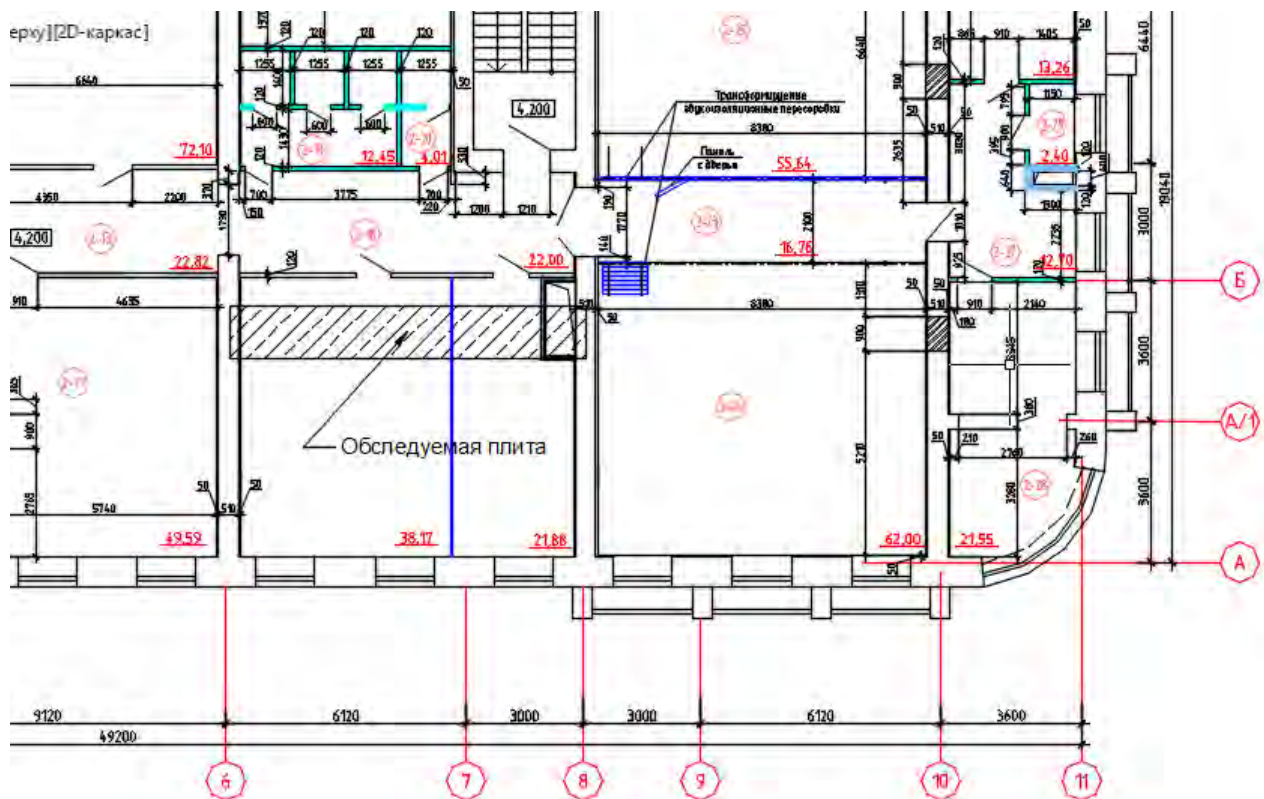


Рисунок 1 – Фрагмент плана здания с указанием места расположения обследуемой плиты

Визуально-инструментальное обследование технического состояния плиты перекрытия 2-го этажа с технологическим отверстием выполнялось визуальным и инструментальным методами с использованием средств контроля в соответствии с перечнем инструментов и приборов, используемых при обследовании строительных конструкций зданий, и в соответствии с указаниями СП 13-102-2003 и ГОСТ 31937-2011.

При обследовании конструкции плиты, сначала была разработана программа технического обследования; произведено ознакомление с объектом обследования, визуально-инструментальное обследование плиты перекрытия; фотофиксация объекта обследования, проведена камеральная обработка. На основе визуально-инструментального обследования произведен компьютерный расчет варианта усиления; разработаны заключения, выводы, рекомендаций по дальнейшей нормальной эксплуатации конструкции.

Обследуемая плита перекрытия с технологическим отверстием находится на 2-ом этаже в осях "6-8" × "А1-Б", представляет собой сборную железобетонную пустотную плиту перекрытия 9000×1200×250 мм, армированную стальными канатами. В процессе проводимых в помещении работ в обследуемой плите было вырублено прямоугольное отверстие 560×840 мм (рисунок 2), при этом рабочая арматура была сохранена. С целью локального усиления, вырубленное отверстие было обрамлено обоймой из металлического уголка. Также были установлены временные подпорки.



Рисунок 2 – Общий вид обследуемой плиты, с технологическим отверстием

В ходе проведенного натурного обследования деформации в плите, превышающие нормативные – не обнаружено. Трещины в бетоне, отслоения защитного слоя бетона, коррозию арматуры – визуально не обнаружено.

Класс бетона обследуемой плиты перекрытия, в результате инструментального обследования с помощью ультразвукового измерителя прочности бетона УКС-МГ4 составил 39,6 МПа, что соответствует классу В30. Локально выявлены места с раковинами и порами на поверхности бетона, что является дефектом изготовления и практически не влияют на уровень напряженно-деформированного состояния плиты перекрытия.

Секция 2. Строительные конструкции

Следует отметить, что в процессе устройства в плите технологического отверстия, было удалено несколько несущих ребер плиты, что значительно снизило ее несущую способность и привело в аварийное состояние.

С целью приведения обследуемой плиты в нормативное состояние был разработан вариант усиления плиты, при котором нагрузка от нее передавалась на стены, чтобы не перегружать нижележащие плиты (рисунок 3).

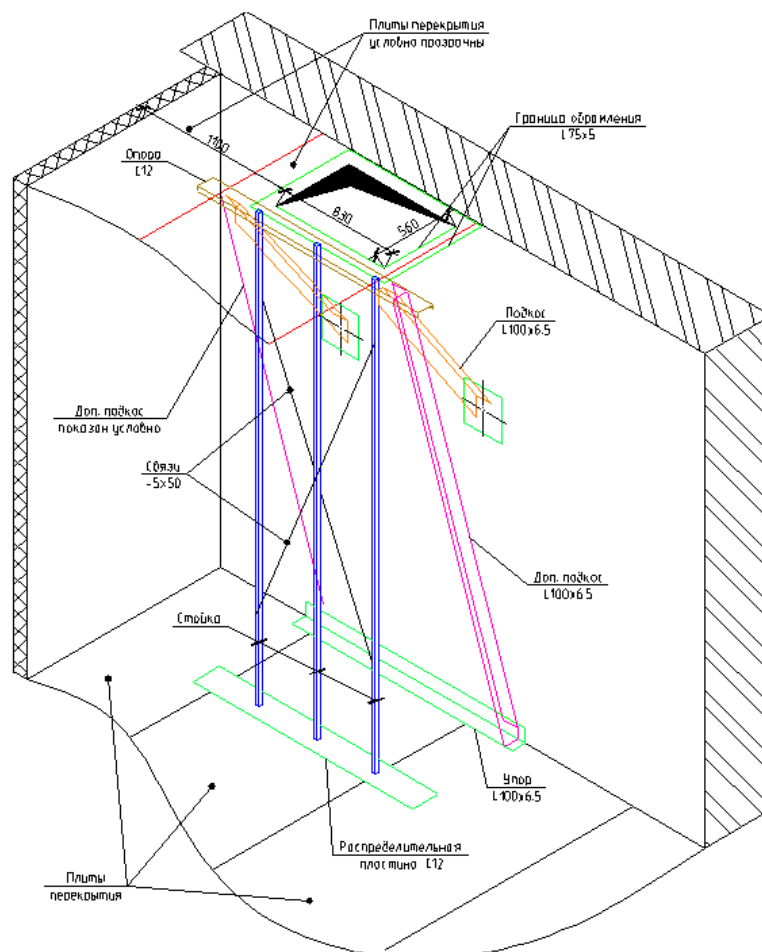


Рисунок 3 – Общий вид временного усиления плиты

Фактическая расчетная нагрузка, приложенные к данной плите $802,1 \text{ кг/м}^2$.

Нагрузка на распределяющую балку: $8,1 \cdot 802,1/2 = 3248,5 \text{ кг/м}$.

Расчет производился в ПК SCAD модуль «Кристалл», с использованием полученных усилий. Результаты представлены на рисунках 3-4.

В результате была разработана следующая конструкция усиления: вертикальные элементы – опора (швеллер №12), распределительная пластина (швеллер №12); горизонтальные элементы – стойка (профильная труба $100 \times 100 \times 4$), связи (уголок $50 \times 50 \times 5$), дополнительный подкос (уголок $100 \times 6,5$), упор под дополнительный подкос (уголок $100 \times 6,5$).

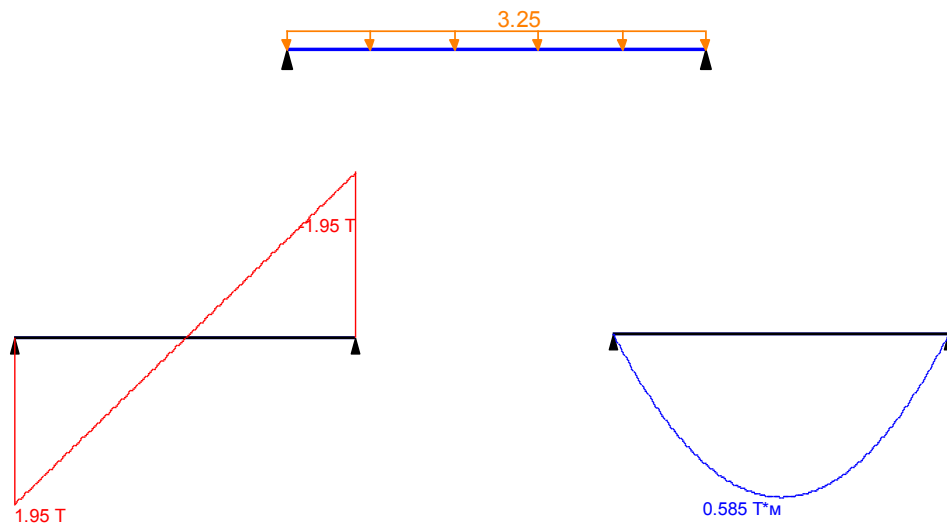


Рисунок 3 – Расчет нагрузки на поддерживающую систему

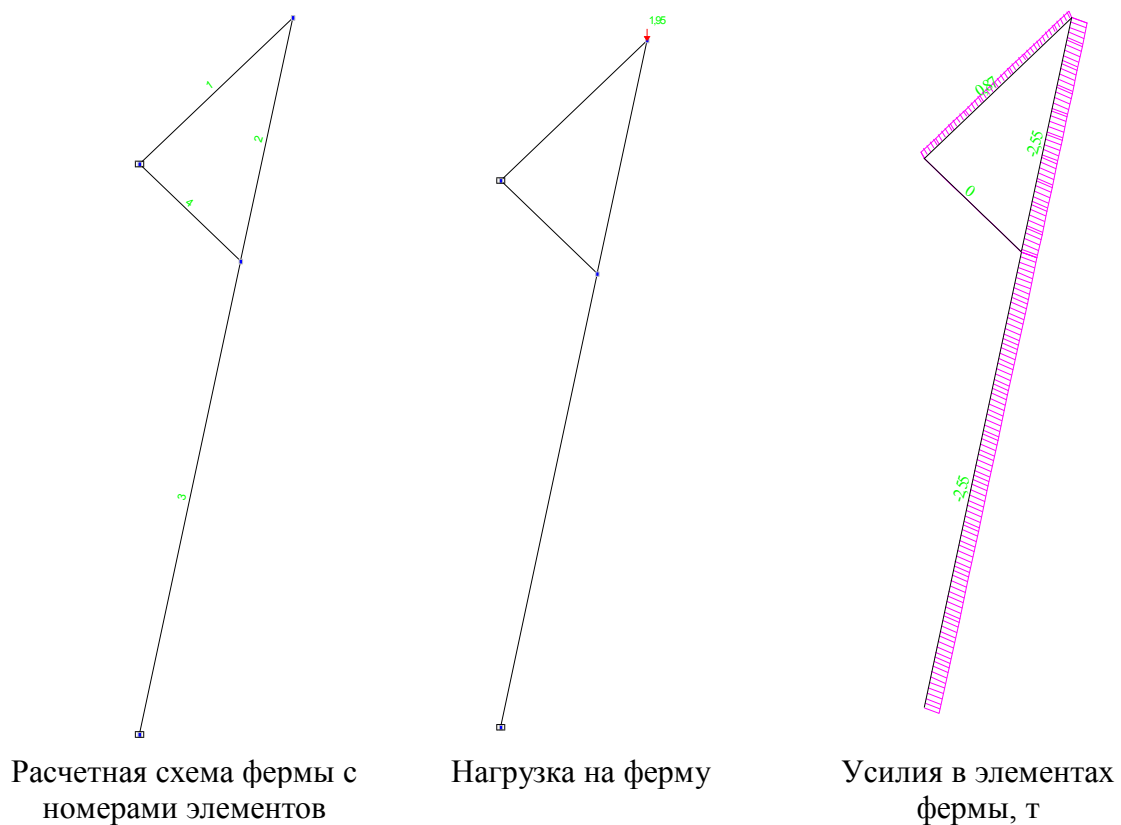


Рисунок 4 – Расчет поддерживающей фермы

Для приведения плиты в нормативное состояние необходимо выполнить ее усиление (рисунок 5). Принятые конструктивные элементы усиления обладают достаточной прочностью и жесткостью с коэффициентом использования сечения не более 40%.



Рисунок 5 – Общий вид усиления

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
2. Рекомендации по оценке надёжности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. Москва 2001 г.
3. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений». М: ГОССТРОЙ России, 2004 г. Дата актуализации: 01.02.2017.
4. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
5. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
6. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции». Актуализированная редакция СНиП II-22-81*.
7. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции». Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.

СПЕЦИФИКА РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ: АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Пикин Д.Ю., Ушакова И.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Проведен анализ нормативных технических документов, используемых для расчета стальных конструкций с целью выявления изменений, принятых для данного расчета. В качестве материала для исследования был взят СНиП II-23-81, СП 16.13330.2011 и СП 16.13330.2017, издаваемые с изменениями и поправками.

В 1978-1980 гг. был разработан СНиП II-23-81 «Стальные конструкции», который был введен в действие 1 января 1982 г. Его использовали на протяжении очень долгого времени, однако 20 мая 2011 был выпущен СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*». В задачу по актуализации СНиП II-23-81* «Стальные конструкции» входило не только включение новых разработок в области проектирования и расчета стальных конструкций, но и исправление и уточнение положений СП 53-102-2004 (в соответствии с «Комплексом нормативно-технических документов по стальным конструкциям № 53», 1994 г.), подлежащих включению в новую редакцию, а также анализ спорных положений.

При детальном изучении данного свода правил было выявлено, что все разделы СНиП, за исключением раздела 17 «Дополнительные требования по проектированию гидротехнических сооружений речных» присутствуют в СП 16.13330.2017. Количество основных разделов сократили с 20 до 16, а число приложений составило 11. Также формулы записаны в безразмерной форме, что дает возможность сделать вывод об эффективности принятых решений.

Необходимость внесения изменений в нормативную документацию, используемую для расчета стальных конструкций, объясняется развитием строительной индустрии и появлением новых строительных материалов с повышенными прочностными свойствами, профилей проката, а также непрерывному развитию строительной науки.

Разработка проектов изменений к своду правил в области проектирования стальных конструкций осуществлялось в соответствии с реализацией комплекса мероприятий по развитию нормативной технической и научной базы в области строительства с целью повышения уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях.

Расчет строительных конструкций завязан на подборе марки стали.

На примере подборки марки стали можно проследить различия требований, предъявляемых СП 16.13330.2011 и СНиП II-23-81. За расчетную температуру для определения стали по СП 16.13330.2011 принимается температура наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,98, для определения стали по СНиП II-23-81 принималась температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

Секция 2. Строительные конструкции

На рисунке 1 можно наблюдать часть таблицы В.1 СП 16.13330.2011 назначаются следующие марки стали в проектируемых конструкциях.

Марка стали по			Условия применения стали при расчетной температуре, °C											
			t ≥ -45				-45 > t ≥ -55				t < -55			
ГОСТ 27772	ГОСТ 535, ГОСТ 14637	ГОСТ 19281	для групп конструкций											
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
C235	Ст3кп2, Ст3пс2		-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
C245	Ст3пс5		-	+	x	-	-	-	-	+	-	-	-	+
C255, C285	Ст3сп5		+	x	x	-	-	-	-	+	-	-	-	+

Рисунок 1 – Назначение стали в конструкциях и сооружениях по СП 16.13330.2011

На рисунках 2-4 показаны марки стали, которые назначались по СНиП II-23-81 «Стальные конструкции».

Сталь	ГОСТ или ТУ	Категория стали для климатического района строительства (расчетная температура, °С)		
		П ₄ (-30>f ₂ -40) П ₅ и др.(f ₂ -30)	І ₂ , П ₂ и П ₃ (-40>f ₂ -50)	І ₁ (-50>f ₂ -65)
Группа 1. Сварные конструкции либо их элементы, работающие в особо тяжелых условиях или подвергающиеся непосредственному воздействию динамических, вибрационных или подвижных нагрузок [подкрановые балки; балки рабочих площадок; элементы конструкций бункерных и разгрузочных эстакад, непосредственно воспринимающих нагрузку от подвижных составов; фасонки ферм; пролетные строения транспортных галерей; сварные специальные опоры больших переходов линий электропередачи (ВЛ) высотой более 60 м; элементы оттяжек мачт и оттяжечных узлов; балки под краны гидротехнических сооружений и т. п.].				
C255	ГОСТ 27772-88	+	-	-
C285		+	-	-
C345		3	3	4 ^{a)}
C375		3	3	4 ^{a)}
C390		+	+	4 ^{b)}
C390K		+	+	4 ^{b)}
C440		+	4 ^{b)}	4 ^{b)}

Рисунок 2 – Стали группы 1 по СНиП II-23-81

Сталь	ГОСТ или ТУ	Категория стали для климатического района строительства (расчетная температура, °С)		
		П ₄ (-30>t≥-40) П ₅ и др.(t≥-30)	И ₂ , П ₂ и П ₃ (-40>t ≥-50)	И ₁ (-50>t≥-65)
Группа 2. Сварные конструкции либо их элементы, работающие при статической нагрузке [фермы; ригели рам; балки перекрытий и покрытий; косяки лестниц; опоры ВЛ, за исключением сварных опор больших переходов; опоры ошиновки открытых распределительных устройств подстанций (ОРУ); опоры под выключатели ОРУ; опоры транспортных галерей; элементы контактной сети транспорта (штанги, анкерные оттяжки, хомуты); прожекторные мачты; элементы комбинированных опор антенных сооружений; трубопроводы ГЭС и насосных станций; облицовки водоводов; закладные части затворов и другие растянутые, растянуто-изгибаемые и изгибаемые элементы], а также конструкции и их элементы группы 1 при отсутствии сварных соединений и балки подвесных путей из двутавров по ГОСТ 19425-74* и ТУ 14-2-427-80 при наличии сварных монтажных соединений.				
C245	ГОСТ 27772-88	4 ^{р)}	-	-
C255		+	-	-
C275		4 ^{р)}	-	-
C285		+	-	-
C345		1	3	4 ^{а,д)}
C345K		+	-	-
C375		1	3	4 ^{а,д)}
C390		+	+	4 ^{б)}
C390K		+	+	4 ^{б)}

Рисунок 3 – Стали группы 2 по СНиП II-23-81

Секция 2. Строительные конструкции

Сталь	ГОСТ или ТУ	Категория стали для климатического района строительства (расчетная температура, °С)		
		II ₄ (-30>t≥-40) II ₅ и др.(t≥-30)	I ₂ , II ₂ и II ₃ (-40>t ≥-50)	I ₁ (-50>t≥-65)
Группа 3. Сварные конструкции либо их элементы, работающие при статической нагрузке [колонны; стойки; опорные плиты; элементы настила перекрытий; конструкции, поддерживающие технологическое оборудование; вертикальные связи по колоннам с напряжением в связях свыше 0,4R _y ; анкерные, несущие и фиксирующие конструкции (опоры, ригели жестких поперечин, фиксаторы) контактной сети транспорта; опоры под оборудование ОРУ, кроме опор под выключатели; элементы стволов и башен антенных сооружений; колонны бетоновозных эстакад, прогоны покрытий и другие сжатые и сжато-изгибаемые элементы], а также конструкции и их элементы группы 2 при отсутствии сварных соединений.				
C235	ГОСТ 27772-88	+в.ю)	-	-
C245		+	-	-
C255		+	+ж)	-
C275		+	-	-
C345		1	1	2 или 3
C345K		+	+	-
C375		1	1	2 или 3
C390		+	+	+

Рисунок 4 – Стали группы 3 по СНиП II-23-81

Проанализировав рисунки 1-4 можно сделать вывод, что в СНиП II-23-81 градация по температурам ниже на 5 градусов, чем в СП 16.13330.2011, но и температура здесь не самых холодных суток, а самой холодной пятидневки.

С 8 августа 2017 г. действует СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции», который был составлен с целью повышения уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях, сохранности материальных ценностей, согласования нормативных требований с европейскими и международными нормативными документами, применения единых методов определения эксплуатационных характеристик и методов оценки.

Пересмотренный СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции», был отменен (за исключением пунктов, включенных в Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения, которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений») и введен в действие СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» в котором отражены достижения современной науки и практики проектирования стальных конструкций на текущий момент.

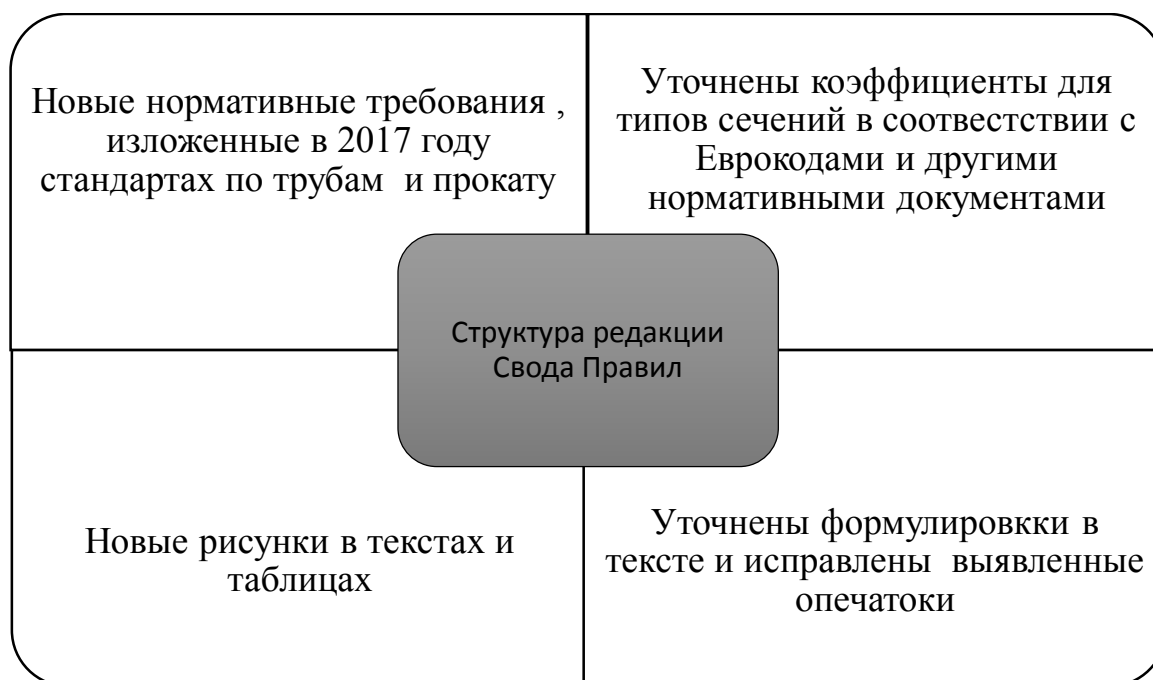


Рисунок 5 – Структура редакции свода правил

Сделав анализ СП 16.13330.2011 и СП 16.13330.2017, была выявлена структура редакции свода правил, которая отражена на рисунке 5.

Выводы

Внесение изменений в утвержденный свод правил СП 16.13330.2011 обеспечивает повышение надежности стальных конструкций в строительстве и их экономичность. Также улучшает содержание свода правил и учитывает конкретные условия эксплуатации и особенности работы, как новых стальных строительных конструкций, так и конструкций при их усилении.

Внесенные изменения гармонизируют свод правил с отечественными и зарубежными нормативами.

Таким образом, можно сделать вывод, что СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» отражает современный уровень строительства и помогает проектировщикам повышать уверенность в расчетах и надежности строительных конструкций.

Список литературы

1. СНиП II-23-81* Стальные конструкции (с Изменениями, с Поправкой). – Изд. официальное. М.:ФГУП ЦПП, 2005 – 201 с.
2. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. – Изд. официальное. М., 2011 – 172с.
3. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. – Изд. официальное. М., 2017 – 148 с.
4. СП 53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций. – Изд. официальное. М., 2005 – 137 с.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ВЫСОТЫ И ПРОЧНОСТИ НОРМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ИЗГИБАЕМОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЭЛЕМЕНТА ВСЛЕДСТВИЕ СМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ СЕЧЕНИЯ РАСТЯНУТОЙ АРМАТУРЫ ПОВРЕЖДЕННОЙ КОРРОЗИЕЙ

Фролов Н.В., Смоляго Г.А., Павлюченко М.А.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ)

Отмечается, что коррозионные повреждения стальной арматуры являются одной из главных причин сокращения срока службы изгибаемых железобетонных элементов. В статье, развитие коррозионного процесса по сечению арматурного стержня во времени представлено несколькими основными упрощенными расчетными моделями, принимаемыми в зависимости от вида и степени агрессивности эксплуатационной среды. При этом замечено, что продвижение коррозионного фронта сопровождается смещением центра тяжести сечения растянутой арматуры. На конкретном примере проанализировано, как это влияет на изменение рабочей высоты и прочности нормального сечения изгибаемого железобетонного элемента.

Большая часть несущих железобетонных конструкций длительное время работает в условиях сложного напряженно-деформированного состояния при воздействии активных технологических и природных сред, вызывающих зачастую необратимые изменения материалов вследствие развития различных коррозионных процессов, приводящих к снижению несущей способности конструкций вплоть до их полного разрушения.

Одной из главных причин начала разрушения изгибаемых железобетонных элементов является коррозия стальной арматуры [1-3, 5], которая проявляет себя по-разному в зависимости от вида и степени агрессивности эксплуатационной среды.

Развитие коррозионного процесса по сечению стального арматурного стержня во времени авторы работы [2] с учетом определений ГОСТ 5272 «Коррозия металлов. Термины» представили в виде основных упрощенных расчетных моделей (рисунок 1):

- 1) Сплошная равномерная коррозия (а);
- 2) Местная коррозия в виде одиночной «язвы» (б);
- 3) Неравномерная коррозия:
 - плоского фронта продвигающегося вглубь стержня (в);
 - серповидного фронта, с неполным охватом стержня (г);
 - серповидного фронта, с полным охватом стержня (д).

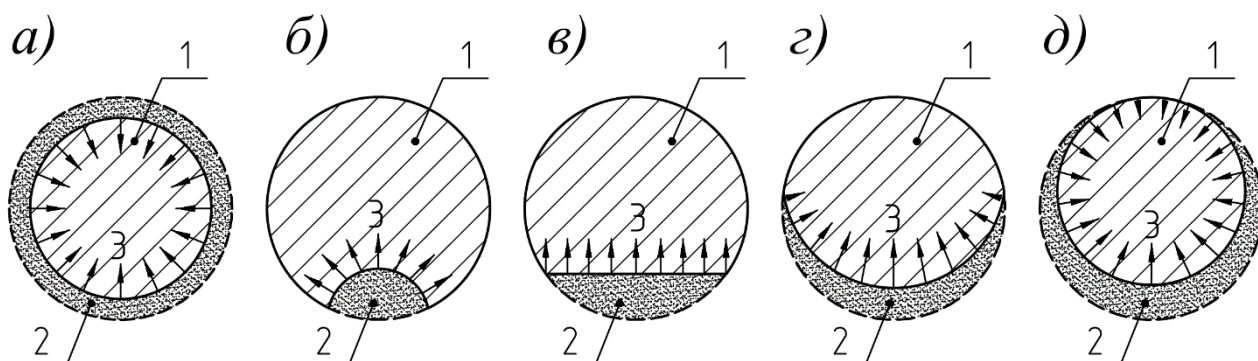


Рисунок 1 – Модели развития коррозии по сечению арматурного стержня.

1 – часть сечения стержня не поврежденная коррозией; 2 – прокорродированный участок сечения стержня; 3 – направление развития коррозионного процесса

Условием проявления сплошной равномерной коррозии (рисунок 1, а) является контакт всей поверхности арматурной стали с агрессивной средой. Такое возможно при чрезмерной величине раскрытия и развития трещин, при различных повреждениях защитного слоя бетона, при сильном снижении пассивирующего действия бетона в сильноагрессивной среде и избыточной концентрации несвязных реагентов, вызывающих коррозию металла, при постоянном проливе воды и жидкой химии на железобетонные конструкции.

Появление местной коррозии в виде одиночной язвы (рисунок 1, б) является следствием проникновения агрессивного реагента через трещину в защитном слое бетона к нижней поверхности арматурного стержня, где происходит образование очага коррозии и дальнейшее продвижение фронта коррозии по поверхности и вглубь.

Модель неравномерного плоско-фронтального развития коррозионного процесса (рисунок 1, в) является в некой степени идеализированной и основана на допущении о том, что фронт коррозии продвигается вглубь стержня равномерно и равноускоренно, оставаясь при этом все время плоским. Такая модель, например, принята в работе [4] при изучении коррозионных повреждений стальной арматуры в результате воздействия хлорсодержащей среды.

С фактическим процессом развития коррозии по сечению стальной арматуры в средах отличных от сильноагрессивных наилучшим образом согласуются модели неравномерной серповидной коррозии (рисунок 1, г и д). Как отмечено в работах [2, 4], процесс коррозии носит затухающе-возобновляемый характер. Замедление скорости продвижения фронта коррозии приводит к накоплению реагентов в окрестностях первоначального очага, откуда они начинают охватывать стержень справа и слева, вступая в реакцию с поверхностью металла и образуя новые очаги коррозии. В итоге форма сечения прокорродировавшего металла представляет собой правильный полумесяц с наибольшей глубиной проникновения в месте первоначального очага.

Из рисунка 1 несложно заметить, что продвижение коррозионного фронта сопровождается смещением центра тяжести сечения поврежденной арматуры. Исключением является модель сплошной равномерной коррозии, для которой положение центра тяжести сечения остается неизменным при любой глубине коррозионного поражения стержня.

Смещение центра тяжести сечения растянутой арматуры на величину e у изгибаемых железобетонных элементов приводит к уменьшению рабочей высоты, и как следствие к уменьшению прочности их нормальных сечений. Проведем анализ отмеченного на различных расчетных моделях развития коррозионного процесса.

В основу анализа положим:

- рассматривается наиболее напряженное нормальное сечение;
- коррозионный фронт, разделяющий сечение стержня на прокорродировавшую и не поврежденную часть, на настоящий момент продвинулся для всех рассматриваемых моделей на одинаковую максимальную глубину коррозии δ .
- прокорродированная площадь сечения арматуры A_s^{cor} полностью выключается из работы – в расчет принимается только фактическая площадь сечения арматуры A_s^{fact} (номинальная площадь арматуры $A_s = A_s^{fact} + A_s^{cor}$);
- изменение прочностных характеристик не поврежденной коррозией арматурной стали не происходит либо пренебрежимо мало; сопротивление арматуры растяжению в расчете принимается равным R_s .

Для примера рассмотрим прямоугольное сечение однопролетного изгибаемого железобетонного элемента (Рисунок 2) высотой $h = 200$ мм и шириной $b = 100$ мм с армированием в виде одного стального стержня диаметром 16 мм класса по прочности на растяжение A500 ($R_s = 435$ МПа). Привязка центра тяжести сечения растянутой арматуры без коррозии к нижней грани $a_s = 3$ см, с коррозией $a_s^{fact} = a_s + e$. Бетон принят класса по прочности на сжатие B25 ($R_b = 14,5$ МПа).

Секция 2. Строительные конструкции

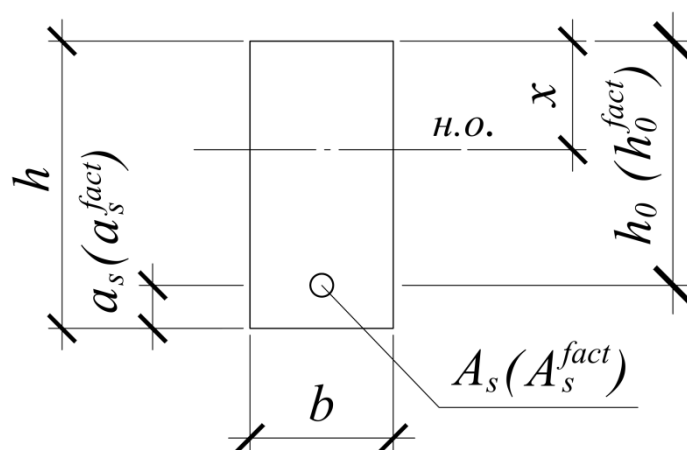


Рисунок 2 – Расчетное нормальное сечение изгибаемого железобетонного элемента

Таблица – Результаты расчета прочности нормальных сечений изгибаемого железобетонного элемента с учетом уменьшения рабочей высоты на величину e

Модель развития коррозионного процесса по сечению арматурного стержня	Глубина коррозии δ , мм	Смещение центра тяжести сечения арматурного стержня e , мм	Площадь		Изм. рабочей высоты $\frac{h_0 - h_0^{fact}}{h_0}$, %	Прочность нормального сечения		
			A_s^{fact} , мм ²	Корроз. потери, %		$M_u(h_0)$, кН·м	$M_u(h_0^{fact})$, кН·м	$\frac{M_u(h_0) - M_u(h_0^{fact})}{M_u(h_0)}$, %
Коррозия отсутствует	0,0	0,000	201,06	0,0	0,00	12,23	12,23	0,00
Сплошная равномерная коррозия (рисунок 1, а)	0,5	0,000	176,72	12,1	0,00	11,03	11,03	0,00
	1,0		153,94	23,4		9,84	9,84	
	2,0		113,10	43,8		7,53	7,53	
	4,0		50,27	75,0		3,55	3,55	
	6,0		12,57	93,8		0,92	0,92	
	8,0		0,00	100,0		0,00	0,00	
Местная коррозия в виде одиночной «язвы» (рисунок 1, б)	0,5	0,015	200,67	0,2	0,01	12,21	12,21	0,00
	1,0	0,058	199,53	0,8	0,03	12,16	12,15	0,04
	2,0	0,217	195,11	3,0	0,13	11,94	11,93	0,15
	4,0	0,771	178,61	11,2	0,45	11,13	11,07	0,54
	6,0	1,572	153,65	23,6	0,92	9,82	9,72	1,07
	8,0	2,568	122,45	39,1	1,51	8,08	7,94	1,69
Плоский фронт продвигающ. вглубь стержня (рисунок 1, в)	0,5	0,072	199,19	0,9	0,04	12,14	12,13	0,05
	1,0	0,198	195,83	2,6	0,12	11,98	11,96	0,14
	2,0	0,529	186,56	7,2	0,31	11,52	11,48	0,37
	4,0	1,371	161,75	19,6	0,81	10,25	10,16	0,94
	6,0	2,344	132,19	34,3	1,38	8,64	8,50	1,56
	8,0	3,395	100,53	50,0	2,00	6,77	6,63	2,19
Серповидный фронт, с неполным охватом стержня (рисунок 1, г)	0,5	0,250	193,06	4,0	0,15	11,84	11,82	0,18
	1,0	0,500	185,07	8,0	0,29	11,45	11,41	0,35
	2,0	1,000	169,15	15,9	0,59	10,64	10,57	0,69
	4,0	2,000	137,74	31,5	1,18	8,95	8,83	1,34
	6,0	3,000	107,36	46,6	1,76	7,19	7,05	1,95
	8,0	4,000	78,62	60,9	2,35	5,41	5,27	2,53
Серповидный фронт, с полным охватом стержня (рисунок 1, д)	0,5	0,250	188,69	6,2	0,15	11,63	11,61	0,18
	1,0	0,500	176,72	12,1	0,29	11,03	10,99	0,35
	2,0	1,000	153,94	23,4	0,59	9,84	9,77	0,68
	4,0	2,000	113,10	43,8	1,18	7,53	7,43	1,31
	6,0	3,000	78,54	60,9	1,76	5,41	5,30	1,90
	8,0	4,000	50,27	75,0	2,35	3,55	3,46	2,46

Прочность нормального сечения изгибаемого железобетонного элемента в аналитическом исследовании определяется по формуле

$$M_u = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x), \quad (1)$$

где $h_0 = (h - a_s)$ – рабочая высота сечения; x – высота сжатой зоны бетона, определяемая по формуле

$$x = \frac{R_s \cdot A_s^{fact}}{R_b \cdot b}. \quad (2)$$

При расчете прочности по формуле 1 учет уменьшения рабочей высоты вследствие смещения центра тяжести растянутой арматуры осуществляется подстановкой вместо h_0 фактической рабочей высоты $h_0^{fact} = h_0 - e$. Результаты расчетов сведены в таблицу.

Как видно из таблицы, для всех моделей даже при достаточно больших значениях глубины коррозии растянутой арматуры изменение рабочей высоты рассматриваемого изгибаемого элемента происходит несущественно (до 1,5% при коррозионных потерях площади сечения стержня до 30%) Это аналогично отражается и в величинах прочности нормальных сечений. Логично сделать заключение, что при больших размерах (высоты) сечения и больших диаметрах арматуры разница в результатах расчета прочности нормальных сечений будет еще меньше. Поэтому, в целях не загромождения таких расчетов уменьшением рабочей высоты допустимо пренебрегать.

Список литературы

1. Мигунов В.Н., Овчинников И.Г., Шамшина К.В. Экспериментальные исследования влияния жидких хлоридсодержащих сред на деформационные свойства железобетонных элементов и коррозионное поражение арматуры в расчётных поперечных трещинах бетона // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2016. № 1 (15). С. 1-5.
2. Ишков А.Н. Методы прогнозирования остаточного ресурса по II группе предельных состояний для изгибаемых железобетонных конструкций, эксплуатируемых в неагрессивных средах: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2007. С 71-83.
3. Смоляго Г.А., Дронов В.И., Дронов А.В., Меркулов С.И. Изучение влияния дефектов железобетонных конструкций на развитие коррозионных процессов арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 12. С. 25-27.
4. Смоляго Г.А., Дронов А.В., Фролов Н.В. Моделирование величины коррозионных повреждений арматуры железобетонных конструкций в условиях хлоридной агрессивной среды // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. № 1 (70). С. 43-49.
5. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 2. С. 28-31.

НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКАЯ СТРЕСС-ДИАГНОСТИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ КЛАССА $m3m$

Баранова И.М., Евтюхов К.Н. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Проанализирована возможность применения метода генерации отраженной второй гармоники для исследования механических напряжений в полупроводниковых кристаллах класса $m3m$. Показано, что механические напряжения приводят к трансформации зонной структуры кристалла и изменению эффективных масс носителей, что проявляется в изменениях спектров отраженной второй гармоники. Гидростатическое напряжение влечет смещение спектральных линий, а одноосные напряжения приводят и к расщеплению линий.

The possibility of using the method of the reflected second harmonic generation for the study of mechanical stresses in semiconductor crystals of $m3m$ class is analyzed. It is shown that mechanical stresses lead to the transformation of the band structure of the crystal and the change in the effective mass of carriers, which is manifested in changes in the spectra of the reflected second harmonic. Hydrostatic stress leads to the displacement of spectral lines, and uniaxial stresses lead to the splitting of lines.

Центросимметричные полупроводниковые кристаллы класса $m3m$, такие как кремний и германий, являются основой современной микроэлектроники, что обуславливает значимость разработки различных методов диагностики их состояния. В последние десятилетия к множеству методов диагностики добавились нелинейно-оптические методы, главным из которых является метод генерации отраженной второй гармоники (ОВГ) лазерного излучения. Одной из сфер применения метода ОВГ может стать диагностика механических напряжений (стресс-диагностика) в таких кристаллах.

Опубликовано несколько работ по этой тематике, которые были посвящены исследованиям кремния. Систематический обзор этих теоретических и экспериментальных работ дан в монографии [1]. Однако эти результаты могут быть применены и для изучения других кристаллов класса $m3m$, в первую очередь – германия.

Цель настоящей работы – проанализировать возможность применения метода генерации ОВГ для стресс-диагностики полупроводниковых кристаллов класса $m3m$.

Рассмотрим методы описания макроскопических деформаций и напряжений (когда размеры области деформации значительно больше межатомных расстояний) в анизотропных кристаллических средах [2].

Когда тело деформируется, то есть меняет свою форму и объем, все его точки имеют различное смещение, которое определяется вектором деформации или вектором смещения $\delta\vec{r} = \vec{r}' - \vec{r}$, где $\vec{r}$, $\vec{r}'$ – радиус-векторы точки до и после деформации, соответственно. Обозначим $d\vec{r}$ – радиус-вектор между двумя бес-

конечно близкими точками до деформирования, $d\vec{r}' = d\vec{r} + d\delta\vec{r}$ - после. При малых деформациях $(dr')^2 = (dr)^2 + 2u_{ij}dr_i dr_j$, где $u_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial(\delta\vec{r})_i}{\partial r_j} + \frac{\partial(\delta\vec{r})_j}{\partial r_i} \right)$ ($i, j = x, y, z$). Тензор $\vec{u}$ - тензор деформации, он симметричен: $u_{ij} = u_{ji}$.

Диагональные компоненты тензора деформации u_{ii} определяют относительное удлинение ($u_{ii} > 0$) или сжатие ($u_{ii} < 0$) вдоль оси i , а их сумма – относительное изменение объема $\sum_i u_{ii} = \frac{dV' - dV}{dV}$. Средняя деформация сжатия/растяжения $u_h = \frac{1}{3} \sum_i u_{ii}$ называется гидростатической деформацией. Недиagonальные компоненты u_{ij} ($i \neq j$) описывают деформацию сдвига. Известно, что всякую деформацию можно представить в виде суммы деформаций чистого сдвига и всестороннего сжатия.

При воздействии внешних сил на элементарный объем твердого тела в нем возникают внутренние силы упругости, которые стремятся вернуть его в недеформированное состояние. Тензор напряжений $\vec{\sigma}$ характеризует напряженное состояние деформированного тела. Пусть в деформированном теле выделен прямоугольный параллелепипед, грани которого перпендикулярны координатным осям. Компоненты тензора напряжений есть $\sigma_{ij} = \frac{dF_{ij}}{dS_j}$, где dF_{ij} - проекция на ось i элементарной силы $d\vec{F}_j$, действующей со стороны окружающей среды на грань, перпендикулярную оси j , $dS_j = \pm |d\vec{S}_j|$ - проекция на ось j вектора площади этой грани. Тензор второго ранга $\vec{\sigma}$ симметричен: $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$. Диагональные компоненты σ_{ii} называются нормальными напряжениями, а недиагональные – тангенциальными или скалывающими. Среднее нормальное напряжение $\sigma_h = \frac{1}{3} \sum_i \sigma_{ii}$ называется гидростатическим давлением. Нормальное напряжение растяжения (внутренние силы стремятся сжать элементарный объем) положительно. Нормальное напряжение сжатия (внутренние силы стремятся увеличить элементарный объем) отрицательно.

Если деформации малы, то они упруги, и тензор напряжений линейно связан с тензором деформации (закон Гука): $\sigma_{ij} = \sum_{k,l} \lambda_{ijkl} \cdot u_{kl}$, где λ_{ijkl} - компоненты тензора 4-го ранга $\vec{\lambda}$, называемого тензором модулей упругости, или тензором упругости, или тензором жесткости. Он симметричен по парам своих индексов: $\lambda_{ijkl} = \lambda_{jikl} = \lambda_{ijlk} = \lambda_{klji}$ и потому количество независимых компонент тензора уменьшается с 81 до 21. Иногда компоненты тензора четвертого ранга записываются с двумя индексами $\lambda_{\alpha\beta}$. Индексы α, β принимают значения 1, 2, 3, 4, 5, 6,

которым сопоставляются пары индексов xx, yy, zz, yz, zx, xy , соответственно. При этом справедливо правило [3]: если α и $\beta=1, 2, 3$, то $\lambda_{\alpha\beta}=\lambda_{ijkl}$, если α или $\beta=4$, 5, 6, то $\lambda_{\alpha\beta}=2\lambda_{ijkl}$, если и α , и $\beta=4, 5, 6$, то $\lambda_{\alpha\beta}=4\lambda_{ijkl}$.

Для кристаллов класса $m\bar{3}m$ число ненулевых компонент 21, из них независимых только 3. В кристаллографической СК, оси которой OX, OY, OZ совпадают с направлениями $[100], [010], [001]$:

$$\lambda_{xxxx} = \lambda_{yyyy} = \lambda_{zzzz} = \lambda_{11};$$

$$\lambda_{xxyy} = \lambda_{yyxx} = \lambda_{xxzz} = \lambda_{zzxx} = \lambda_{yyzz} = \lambda_{zzyy} = \lambda_{12};$$

$$\lambda_{yzyz} = \lambda_{zyyz} = \lambda_{yzzy} = \lambda_{zyzy} = \lambda_{zxzx} = \lambda_{xzzx} = \lambda_{xxzz} = \lambda_{zzxx} =$$

$$= \lambda_{xyxy} = \lambda_{yxxy} = \lambda_{xyyx} = \lambda_{yxyx} = \frac{\lambda_{44}}{4}.$$

Линейная комбинация $\lambda_{xxxx} - \lambda_{xxyy} - 2\lambda_{xyxy} = \lambda_A$ есть мера анизотропии упругих свойств кубического кристалла. Для изотропных сред независимы лишь две компоненты: $\lambda_{iiii}, \lambda_{ijij}$, а $\lambda_{ijij} = \frac{\lambda_{iiii} - \lambda_{ijij}}{2}$, поэтому $\lambda_A = 0$.

Связь между тензором деформации и тензором напряжений такова $u_{ij} = \sum_{k,l} S_{ijkl} \cdot \sigma_{kl}$, где S_{ijkl} - компоненты тензора податливости $\tilde{S}$, структура которого совпадает со структурой тензора $\tilde{\lambda}$. Для кубических кристаллов имеют место следующие формулы [3, 4]

$$\lambda_{11} = \frac{S_{11} + S_{12}}{(S_{11} - S_{12})(S_{11} + 2S_{12})}, \quad \lambda_{12} = \frac{-S_{12}}{(S_{11} - S_{12})(S_{11} + 2S_{12})}, \quad \lambda_{44} = \frac{1}{S_{44}}.$$

Модуль Юнга (модуль продольной упругости) $E_{Ю} = \frac{\sigma_{ii}}{u_{ii}}$ - коэффициент,

характеризующий сопротивление материала растяжению/сжатию при упругой деформации, вызванной одноосным нормальным напряжением σ_{ii} . Коэффициент Пуассона ν есть модуль отношения относительной поперечной деформации элемента тела к его относительной продольной деформации. Для изотропного тела $E_{Ю} = \frac{1}{S_{11}}, \quad \nu = -\frac{S_{12}}{S_{11}}$ [3]. Для кристаллов кубической сингонии при приложении напряжения вдоль одной из кристаллографических осей выражения для модуля Юнга и коэффициента Пуассона совпадают с приведенными выше для изотропной среды.

В работе [1] показано, что при всестороннем (гидростатическом) сжатии/растяжении отличны от нуля и равны только нормальные компоненты тензоров напряжений и деформаций: $\sigma_{ii} = \sigma_h = -p, \quad u_{ii} = u_h = 3(S_{11} + 2S_{12})\frac{(-p)}{3}$, где p - внешнее всестороннее давление (при сжатии $u_h, \sigma_h < 0, p > 0$, при растяжении $u_h, \sigma_h > 0, p < 0$). Можно сказать, что тензоры напряжений и деформаций

вырождаются в скаляры, при этом изменяется лишь постоянная решетки $a' = a_0(1 + u_h)$.

Там же показано, что одноосные напряжения вдоль кристаллографических направлений [001], [111], [110] вызывают идентичные изотропные деформации сжатия/растяжения, но различные сдвиговые деформации. Например, для

направления [001] тензор напряжений $\vec{\sigma} = \sigma \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$, $u_{xx} = u_{yy} = S_{12}\sigma$,

$u_{zz} = S_{11}\sigma$, $u_{xy} = u_{xz} = u_{yz} = 0$, и тензор деформации можно представить в виде

$$\vec{u} = (S_{11} + 2S_{12})\frac{\sigma}{3} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} + 2\frac{S_{11} - S_{12}}{2} \cdot \frac{\sigma}{3} \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}.$$

Деформация кристалла влияет на его нелинейно-оптический отклик, на чем и основана стресс-диагностика. Одним из механизмов такого влияния является изменение зонной структуры кристалла при его деформации.

При деформации кристалла изменяются и параметры решетки, и ее симметрия, что и приводит к изменению электронной зонной структуры и, следовательно, к изменению электрофизических и оптических свойств полупроводникового кристалла. Из-за деформации дисперсионные кривые смещаются в каждой точке зоны Бриллюэна, но могут также и расщепляться (расщепление зон), если имеет место нарушение симметрии. Первый тип расщепления – межзонное или междолинное (МЗР) - обусловлен устранением эквивалентности энергетических зон для различных направлений квазиволнового вектора $\vec{k}$, имеющих неравные проекции на направление приложенного напряжения. Второй тип расщепления – внутризонное расщепление зон (ВЗР), вырожденных в отсутствие стресса, порождается деформационным нарушением изначальной симметрии. Влияние деформации на энергию электронов в кристалле описывает деформационный потенциал, или потенциал деформации. При малых деформациях связь изменения энергии для любой из разрешенных энергетических зон в каждой точке зоны Бриллюэна с тензором деформации $\vec{u}$ линейна $\Delta E(q, \vec{k}) = \sum_{i,j} D_{ij}(q, \vec{k}) \cdot u_{ij}$, где

$D_{ij}(q, \vec{k}) = \frac{\partial E(q, \vec{k})}{\partial u_{ij}}$ - компоненты тензора потенциала деформации, q - обозначение зоны.

Изменение кривизны дисперсионных кривых влияет на ширину запрещенной зоны и эффективные массы электронов и дырок, что в нелинейной оптике германия и кремния в основном проявляется при изучении электро- и токоиндуцированной ОБГ [1], ибо оказывает влияние на формирование в полупроводнике области пространственного заряда и на протекание токов.

В линейной и нелинейной спектроскопии Ge и Si основным является деформационное изменение зонной структуры в критических точках зоны Бриллюэна, определяющих положение и форму спектральных линий.

Деформационное воздействие на зонную структуру полупроводниковых кристаллов класса $m\bar{3}m$ рассмотрено в ряде работ.

Например, в работе [5] рассмотрен случай всестороннего сжатия/растяжения. Так как симметрия при изотропной деформации кристалла не нарушается, то зоны не расщепляются, но происходит их смещение, для которого в таблице приведены рассчитанные в работе [5] значения потенциалов деформации

$$D_{h\sigma} = \frac{dE}{d\sigma_h}$$

$$\text{тенциалов вида } D_h = \frac{dE}{du_h}.$$

Таблица – Деформационные потенциалы при всестороннем сжатии/расширении кремния

Точка	$\Gamma_{2'}$	Γ_{15}	$\Gamma_{25'}$	L_1^c	L_3	$L_{3'}$	X_1^c	X_4
$D_{h\sigma}$, мэВ/ГПа (по работе [5])	-107	-34.4	-20.9	-62.0	-28.6	-17.4	-18.0	5.8

Таким образом, всестороннее сжатие/расширение приводит к смещению линий в спектре ОВГ кремния, по величине которого можно судить о величине механических напряжений в кристалле. Так, для перехода E'_0 потенциал деформации $D_{h\sigma}(E'_0) = -13.5$ мэВ/ГПа, а для линии E_2 $D_{h\sigma}(E_2) = -23.8$ мэВ/ГПа.

Воздействие одноосных напряжений на спектр кремния изучалось в работах [6, 7], где рассматривалось влияние таких напряжений на линию E_1 , играющую важную роль в линейной и нелинейной спектроскопии кремния. В этих работах доказано, что эта линия обусловлена переходами $\Lambda_1^c \rightarrow \Lambda_3^v$ в восьми эквивалентных точках зоны Бриллюэна, лежащих на направлениях $\langle 111 \rangle$. На рисунке показано изменение взаимного расположения и расщепление полос Λ_1^c и Λ_3^v при приложении одноосного напряжения в направлении $[001]$ или $[111]$, где стрелки – переходы, возникающие при расщеплении перехода E_1 ; дроби под обозначениями линий – их относительные интенсивности в спектре отражения излучения, поляризованного параллельно (числитель дроби) и перпендикулярно (знаменатель) направлению напряжения. Напряжение, действующее вдоль направления $[001]$, не устраняет эквивалентности направлений $\langle 111 \rangle$ и вызывает лишь ВЗР двукратно вырожденной полосы Λ_3^v . Напряжение, действующее в направлении $[111]$, приводит как к МЗР каждой из полос Λ_1^c и Λ_3^v , так и к ВЗР полосы Λ_3^v . На рисунке 1 также показаны разрешенные оптические переходы. Кроме того, в работах [6, 7] рассчитаны линейные зависимости энергий переходов, возникающих при расщеплении зон, от величины напряжения и оценены значения параметров этих зависимостей. Это позволит по экспериментально найденной величине расщепления зон оценить величину напряжений.

Таким образом, метод генерации ОБГ может быть эффективным средством стресс-диагностики полупроводниковых кристаллов класса $m\bar{3}m$.

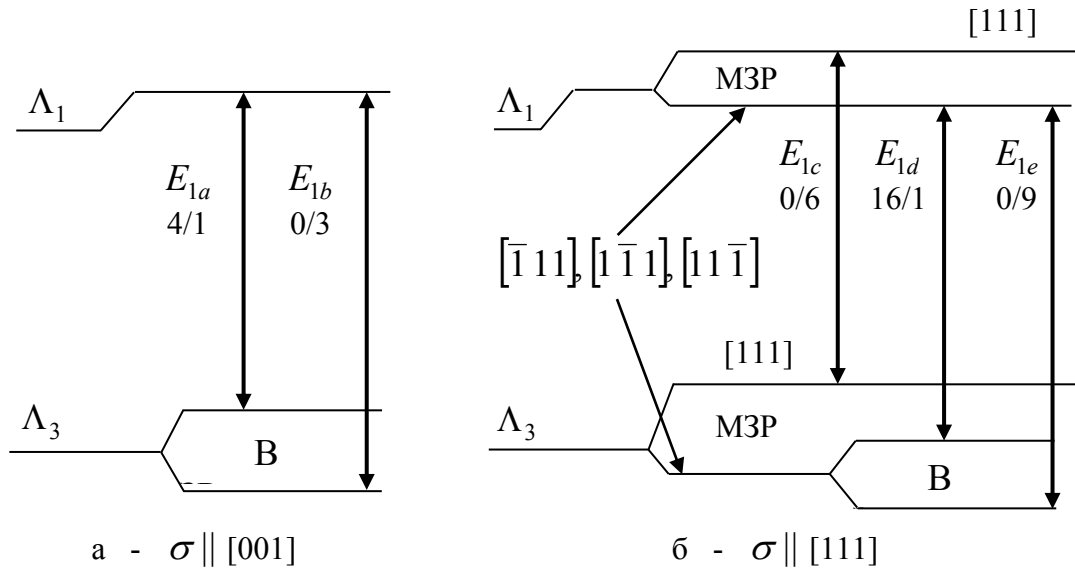


Рисунок – Расщепление полосы Λ_3 валентной зоны и нижней из полос Λ_1 зоны проводимости Si при приложении одноосного сжимающего напряжения в направлениях $[001]$ и $[111]$ (части а, б, соответственно). Представлено по данным работ [6, 7].

Список литературы

1. Акципетров, О.А. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур / О.А. Акципетров, И.М. Баранова, К.Н. Евтюхов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 544 с.
2. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: В 10-ти томах. Т. VII. Теория упругости / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 264 с.
3. Шаскольская, М.П. Кристаллография / М.П. Шаскольская. – М.: Высшая школа, 1976. – 391 с.
4. Киреев, С.П. Физика полупроводников / С.П. Киреев. – М.: Высшая школа, 1975. – 584 с.
5. Goroff, I. Deformation potentials in silicon. III. Effects of a general strain on conduction and valence levels / I. Goroff, L. Kleiman // Phys. Rev., 1963. – Vol. 132. – № 3. – P. 1080-1084.
6. Pollak, F.H. Piezo-optical evidence for Λ transitions at the 3.4-eV optical structure of silicon / F.H. Pollak, G.W. Rubloff // Phys. Rev. Lett., 1972. – Vol. 29. – № 12. – P. 789-792.
7. Etchegoin, P. Elasto-optical constants of Si / P. Etchegoin, J. Kircher, M. Cardona // Phys. Rev. B., 1993. – Vol. 47. – № 16. – P. 10292-10303.

УДК 631.3.004.67:621.35.035.4

ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА ЭЛЕКТРОЛИТА-СУСПЕНЗИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Кисель Ю.Е., Обозов А.А., Симохин С.П., Томлеева С.В.
(БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Исследовано влияние гидродинамических параметров электролита-суспензии на состав композитов. Рассмотрены основные стадии формирования высокопрочных композитов на основе электролитического железа.

Ресурс деталей машин, работающих в условиях трения, зависит от прочности их поверхности. В условиях массового производства хорошо себя зарекомендовали такие традиционные способы упрочнения деталей машин как термическая и химико-термическая обработка. Однако в настоящее время широкое распространение получил и другой подход к упрочнению, а именно создание на поверхностях деталей высокопрочных покрытий.

Для получения высокопрочных композиционных материалов в виде покрытий используют процессы, объединенные под общим термином «газотермическое напыление» (плазменное напыление, детонационное, электродуговая металлизация и др.) или механические способы. Применение газотермического напыления позволяет получать не только покрытие с заданными свойствами, но и восстанавливать изношенные детали до номинальных размеров с сохранением требуемых прочностных свойств.

Перспективным способом получения высокопрочных композиционных материалов является выделение их из водных растворов, при котором предусматривается электроосаждение композиционных гальванических покрытий (КГП) из электролитов-суспензий [1]. Перечислим основные преимущества этого способа по сравнению с методами газотермического напыления: покрытия имеют заданную толщину и получают непосредственно на поверхности изделия; покрытия можно нанести в труднодоступных местах (например, на внутреннюю поверхность цилиндра), материал покрытия беспористый, не требующий термической и механической обработки; используются экономичные электрохимические методы и приемы (стоимость материалов и электроэнергии незначительна). Путем осаждения диспергированных частиц можно получать некоторые сплавы, которые не образуются при гальваническом осаждении металлов из растворов их солей [2].

Прочность композиционных покрытий зависит от содержания в них осадков с требуемым количеством дисперсной фазы. На основе теоретических и экспериментальных исследований установлено, что наивысшей прочностью и износостойкостью обладают композиционные гальванические покрытия, объемное содержание частиц, в которых соответствует 20...28%. Для того, чтобы гарантированно обеспечить такое содержание частиц дисперсной фазы в электролите,

необходимо, исследовать основные закономерности образования КГП. Экспериментально установлено, что характер включения крупных частиц (20 мкм и более) в покрытия зависит от состава электролита, кислотности и концентрации в нем частиц [1]. Крупные частицы внедряются в покрытия пропорционально объемной концентрации в электролите-суспензии (ЭС). Высказывались мнения, что осаждаемость частиц с металлом затруднена при низких значениях pH , а выделяющийся на катоде водород практически исключает возможность получения КГП из кислых электролитов. В этой связи представляло практический интерес выяснить возможность получения покрытий с заранее заданным составом из кислых электролитов, используя для совместного осаждения с металлом частицы размером 2...40 мкм.

Процесс формирования композиционных гальванических покрытий можно разбить на четыре основные стадии: перенос частиц в приэлектродную область; задержку частиц у катода; прилипание частиц к катоду; наращивание частиц металлом.

На первом этапе взвешенные частицы подаются потоком электролита в приэлектродную область. Движение частиц на данном этапе подчинено ряду физических явлений, среди которых диффузия, седиментации, электрофорез, подъемная и турбулентная миграция. Для равномерного распределения дисперсной фазы по объему электролита необходимо активное перемешивание. Осаждение же частиц без перемешивания приводит к образованию крупных рыхлых агрегатов, которые не дают эффекта упрочнения и повышения износостойкости основы.

Вторая стадия осаждения КГП представляет собой начальный период прилипания в жидких средах. При этом на частицу действуют силы, увлекающие ее к поверхности покрытия и силы, стремящиеся возвратить частицу в поток или скользить по поверхности катода (силы жидкостного трения и скольжения, инерционные силы, электростатическое поле катода и другие).

На третьей стадии процесса под действием внешних сил происходит выдавливание прослойки среды между частицей и поверхностью катода. Формируются и растут адгезионные связи частицы с поверхностью катода. Стадия завершается окончательным прилипанием частиц к катоду, либо формированием структурно-механического барьера, который может быть образован прослойкой кинетически равновесной толщины вследствие расклинивающего давления, адсорбированными на катоде и частицах поверхностно-активных веществах, толстыми фазовыми пленками промежуточных продуктов электрохимической реакции.

Рассмотрим движение частиц дисперсной фазы (ДФ) в потоке электролита-суспензии вдоль катода. Анализ сил, действующих на частицу вблизи катода, показал, что лобовым силам, увлекающим ее в движение вдоль катода, препятствуют силы трения, возникающие под действием прижимающих сил. Пользуясь понятием средней скорости потока, можно представить влияние гидродинамики потока на задержку слоя частиц дисперсной фазы как на условия образования неоднородного слоя. На первой стадии формирования композиционного

гальванического покрытия все частицы, переносимые потоком к поверхности катода, будут задерживаться на ней, формируя неподвижный слой до тех пор, пока значение скорости потока не превысит критическое. Таким образом, объемное содержание ДФ связано со скоростью потока согласно [3]:

$$\Theta = A/u_m^{7/4},$$

где $A = 50 \cdot W \cdot \tau \cdot D_3^{1/4} \cdot v^{3/4} \cdot d_3$,

$\Theta = (9 \cdot (1 - \varepsilon) + \varepsilon^3)/\varepsilon^3$ – коэффициент объемного содержания ДФ вблизи катода, $\varepsilon = 1 - V$;

D_3 – эквивалентный диаметр ячейки, определяемый формулой $D_3 = 4S/P$,

где S и P – площадь и периметр ячейки;

τ – время релаксации частиц при движении в гравитационном поле;

v – фактор плотности среды;

$W = \frac{\mu \cdot N}{m_p} + \gamma \cdot g \cdot \sin \alpha$ – фактор внешних сил,

где μ – коэффициент граничного трения частицы о катод,

N – сила нормального давления,

α – угол наклона поверхности катода к горизонту.

Для установления зависимости объемного содержания слоя V от средней скорости потока u_m продифференцируем соотношение по u_m :

$$\frac{d\Theta}{dV} \cdot \frac{dV}{du_m} = - \frac{A}{u_m^{2.75}}$$

Отсюда

$$\frac{dV}{du_m} = - \frac{A}{u_m^{2.75}} \cdot \frac{d\Theta}{dV}$$

На основании работы [2] при расчетах можно принять:

$$\frac{d\Theta}{dV} = 9(1 + 2 \cdot V)/(1 - V)^4$$

После подстановки, получим дифференциальное уравнение зависимости $V=V(u_m)$:

$$\frac{dV}{du_m} = -2.754517 \frac{\tau \cdot W \cdot D_3^{0.25} \cdot v^{0.75}}{d_3 \cdot u_m^{2.75}} \cdot \frac{(1 - V)^4}{1 + 1.9749 \cdot V}$$

где $V = \frac{v}{v_k} \cdot V_0 \cdot \frac{1}{z \cdot (1 + \text{cth}(z))}$ – количество частиц, приносимых потоком из объема электролита на первой стадии осаждения КЭП,

где $z = L \cdot v/R_3 \cdot u_m$

L – длина катода вдоль линии потока;

v – скорость поперечной миграции частиц;

V_k – скорость роста осадка;

R_3 – эквивалентный радиус электрохимической ячейки;

V_0 – объемное содержание частиц в общей массе электролита;

d_3 – диаметр частиц дисперсной фазы;

u_m – средняя скорость потока.

Расчеты проводились для хлористого электролита железнения с добавлением частиц электрокорунда. Исходные данные для расчета принимались согласно работе [1]. Решение дифференциального уравнения было найдено с помощью интегрирования на ЭВМ численными методами. Начальными условиями при $t=0$ с был принят момент, при котором средняя скорость потока равнялась нулю, то есть $u_m=0$. Результаты вычислений представлены в виде графиков зависимости $V(u_m)$ на рисунке. По шкале абсцисс отложена средняя скорость u_m потока в м/с, а по оси ординат – объемное содержание частиц V . Из графиков видно, что экспериментальная зависимость хорошо соотносится с теоретической. Объемное содержание частиц при скоростях потока выше 0,3 м/с стремится к нулю и, следовательно, недостаточно для получения прочных КГП. Максимальная концентрация частиц наблюдается на скоростях около нуля, но здесь есть риск образования рыхлых агрегатов из-за плохого перемешивания, что приводит к дефектам покрытия и потере прочности. Следовательно, оптимальная скорость потока электролита-суспензии составляет от 0,15 до 0,25 м/с. Необходимо отметить, что концентрация частиц в этом интервале скоростей остается практически постоянной, что является важным фактором при формировании КГП с требуемыми свойствами. Полученное при данных скоростях потока, композиционное гальваническое покрытие будет обладать наилучшей прочностью и износостойкостью.

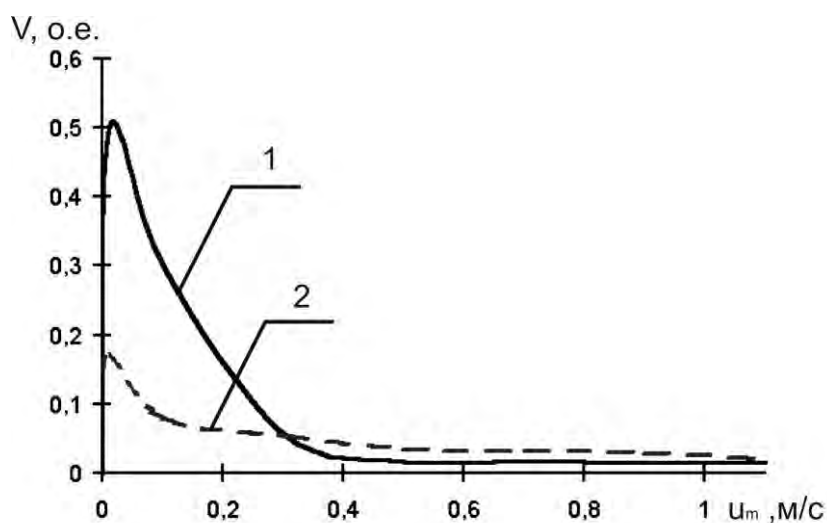


Рисунок – Зависимость содержания включений от средней скорости ЭС:
1 – теоретическая; 2 – экспериментальная

Заключение

Теоретически установленная зависимость содержания дисперсной фазы в композиционных гальванических покрытиях от гидродинамических параметров электролита-суспензии подтверждается экспериментально. Приведенные графики демонстрируют хорошую согласованность теоретических и экспериментальных данных. Для получения КГП с высокой прочностью и износостойкостью, можно рекомендовать поддерживать скорость потока электролита-суспензии в диапазоне от 0,15 до 0,25 м/с. На практике такой режим можно создать в электрохимической ячейке.

Список литературы

1. Сайфулин, Р.С. Композиционные покрытия и материалы / Р.С. Сайфулин. – М.: Химия, 1983. – 273 с.
2. Гурьянов, Г.В. Определение параметров микроструктуры электрохимических покрытий по их дилатации. Труды Кубанского государственного аграрного университета / Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель, Е.М. Юдина. – 2013. – №43. – С. 295-299.
3. Гурьянов, Г.В. Износостойкие электрохимические сплавы и композиты на основе железа / Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель. – Брянск: БГИТА, 2015. – 98 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ ТИПА АРКИ С ЗАТЯЖКАМИ

Серпик И.Н., Тарасова Н.В. (БГИТУ, Брянск, РФ)

Разрабатывается алгоритм параметрической оптимизации предварительно напряженных стальных арочных ферм с высокопрочными затяжками. Ставится задача снижения стоимости фермы в деле. Поиск осуществляется с помощью генетического алгоритма. Варьируются площади поперечных сечений стержней и затяжек, а также силы предварительного натяжения. Работоспособность предлагаемой методики проиллюстрирована на примере оптимального проектирования стальной фермы пролетом 60 м, предварительно напряженной с использованием двух канатов.

Вопросу оптимизации предварительно напряженных металлических конструкций посвящен ряд исследований [1-3]. В работах [1-2] для этой цели используются методы математического программирования с разделением оптимального проектирования на несколько этапов, что может искажать условия задач. Одними из наиболее универсальных методик поиска эффективных решений для оптимизации несущих систем являются метаэвристические вычислительные схемы [3-8], которые обычно не требуют рассмотрения производных от функций, обеспечивают возможность поиска на дискретных множествах варьируемых параметров, эффективны в нахождении глобальных экстремумов. В частности, к таким процедурам относятся генетические алгоритмы [6, 7]. Применение метаэвристических процедур для оптимального проектирования предварительно напряженных стальных ферм отражено в статьях [3, 4]. Тем не менее и в этих работах оптимизация реализуется в несколько этапов. В настоящей работе для оптимизации стальных ферм типа арки с предварительно напряженными затяжками представляется алгоритм, в котором одновременно осуществляется поиск как для профилей стержней, так и поперечных сечений затяжек и сил их предварительного натяжения.

Постановка проблемы. Ставим задачу минимизации стоимости C фермы в деле:

$$C((D_{S1}, \alpha_{S1}), (D_{S2}, \alpha_{S2}), \dots, (D_{Sm}, \alpha_{Sm}), A_1, A_2, \dots, A_n) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где (D_{Si}, α_{Si}) – пара чисел, определяющая соответственно диаметр D_S поперечного сечения затяжки i ($i=1, \dots, m$) и долю ее силы T_{Si} предварительного натяжения от разрывной силы R_{Si} ($T_{Si} = \alpha_{Si} R_{Si}$); m – число затяжек; A_j – площадь поперечного сечения j -й группы стержней ($j=1, \dots, n$), в пределах каждой из которых принимается одинаковой поперечное сечение; n – общее число таких групп.

При этом учитываем стоимость материалов, а также транспортные и технологические расходы на изготовление основной несущей конструкции фермы и на работы по преднапряжению объекта. Принимаем, что в общем случае стержни фермы могут испытывать деформации растяжения-сжатия и прямого изгиба, а канаты – растяжения. Полагаем, что узлы фермы раскреплены по перемещениям из ее плоскости, а преднапряжение осуществляется на конструкцию. Последовательность воздействий на ферму в виде преднапряжений и нормативных нагрузок считается заданной. Силы тяжести конструкции при этом должны корректироваться в зависимости от значений параметров. Принимаем во внимание в соответствии с нормами [9] следующие ограничения:

1. Ограничения по напряжениям в стержнях:

$$|\sigma| \leq R_y, \quad (2)$$

где σ – нормальное напряжение в поперечном сечении стержня; R_y – расчетное сопротивление стали, назначенное по пределу текучести.

2. Ограничения по силе в затяжке:

$$0 \leq N_z \leq R_z/k, \quad (3)$$

где N_S – величина этой силы; k – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,6; R_S – разрывное усилие затяжки.

3. Условие устойчивости стержней.

4. Ограничения по жесткости:

$$|\delta| \leq f, \quad (4)$$

где δ – проекция вектора перемещения узла фермы на вертикальную или горизонтальную ось; f – допустимое значение модуля этого перемещения.

Методология оптимального поиска. Используем основные положения стратегии построения генетического алгоритма, представленные в работах [10–12]. При этом рассматриваем основную популяцию Ω_A и элитную популяцию Ω_B . Популяция Ω_B служит для сохранения эффективного генетического материала, который периодически принимается во внимание в популяции Ω_A . Применяется смешанная схема селекции, обеспечивающая устранение искажений условий задачи при учете ограничений с помощью штрафных функций. Популяция Ω_A разделяется на группы Π_1 и Π_2 особей. Если для какой-либо из особей группы Π_1 не удовлетворяется хотя бы одно из поставленных ограничений, то она заменяется не используемой в основной популяции особью из популяции Ω_B или вновь сформированным вариантом несущей системы. Если ограничения

не удовлетворяются для особи из группы Π_2 , то вводится штраф путем умножения значения целевой функции на коэффициент, зависящий от степени неудовлетворения поставленным ограничениям.

Применяется также комбинированная схема мутации, обеспечивающая случайную замену значений параметров с чередованием выбора из ближайших по номеру в хромосоме вариантов и из элементов, произвольно расположенных в хромосоме. Кроссинговер выполняется по односточечной схеме [13]. При проверке ограничений осуществляется расчет с помощью метода конечных элементов каждого принимаемого варианта конструкции на этапах преднапряжения и нагружения [14].

Пример оптимизации. Проиллюстрируем возможности представляемой вычислительной схемы на примере оптимизации стропильной фермы в виде арки пролетом 60 м с затяжками (рисунок 1). Полезная нагрузка представлена системой сил, где $P=51$ кН. Принималось, что стержни изготовлены из труб по ГОСТ 32931-2015 «Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Технические условия». Материал стержней фермы – сталь ВСтЗсп по ГОСТ 380-2005 «Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки». Рассматривались канаты по ГОСТ 3081-80 «Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6 19 (1+9+9)+7 7 (1+6)». Характеристики материалов принимались в соответствии с нормами [9] и ГОСТ 3081-80. Для труб задавалось $R_y = 245$ Н/мм². Для материалов стержней принимался модуль упругости $E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа, канатов – $E_S = 1,47 \cdot 10^5$ МПа. Стоимость конструкции оценивалась с использованием актуальных прайсов.

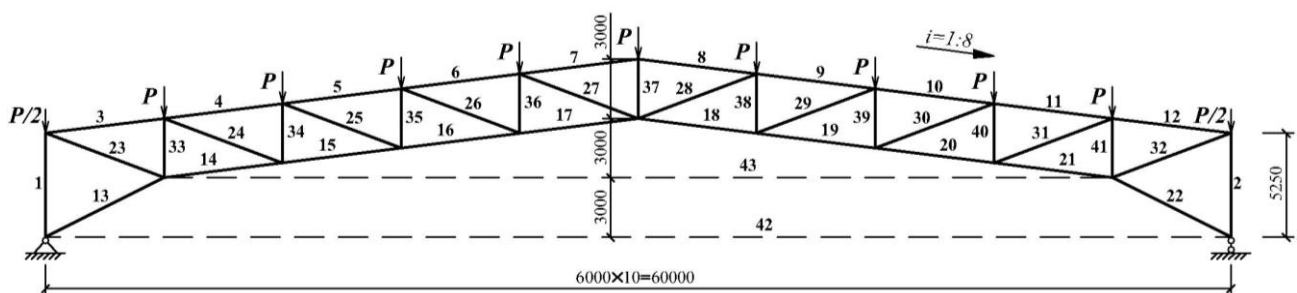


Рисунок 1 – Предварительно напряженная арочная ферма:
1-41 – стержни; 42, 43 – затяжки

Допустимые значения параметров приведены в таблице 1, где для стержней указывается наружный диаметр D и толщина t трубы, для каната даны варианты пар (D_{Si}, α_{Si}) . Воздействия рассматривались в следующей последовательности: силы тяжести конструкции; поочередное преднапряжение затяжек 42, 43; полезная нагрузка. Стержни объединялись в 14 групп, для каждой из которой поперечные сечения принимались одинаковыми. Группировка стержней приведена в таблице 2.

При оптимизации для затяжки 42 были получены значения $D_S=29,5$ мм, $\alpha_S=0,2$; для затяжки 43 – $D_S=35,5$ мм, $\alpha_S=0,1$. Найденные размеры поперечных

сечений труб приведены в таблице 2. График сходимости итерационного процесса для этого варианта несущей системы показан на рисунке 2. К 5230-й итерации было достигнуто значение $C=368,1$ тыс. руб., и далее до 15000-й итерации эта величина не корректировалась.

Таблица 1 – Допустимые значения варьируемых параметров

$D \times t$ (мм)	$(D_s \text{ (мм)}, \alpha_s)$
89×3,5; 89×4; 140×3; 140×3,5; 114×5; 114×5,5; 133×5,5; 152×5,5; 168×6; 168×7; 177,8×8; 219×10; 219×11; 219×13	(27,5; 0,1), (29,5; 0,1), (31,5; 0,1), (34; 0,1), (35,5; 0,1), (27,5; 0,2), (29,5; 0,2), (31,5; 0,2), (34; 0,2), (35,5; 0,2) (27,5; 0,3), (29,5; 0,3), (31,5; 0,3), (34; 0,3), (35,5; 0,3) (27,5; 0,4), (29,5; 0,4), (31,5; 0,4), (34; 0,4), (35,5; 0,4) (27,5; 0,5), (29,5; 0,5), (31,5; 0,5), (34; 0,5), (35,5; 0,5) (27,5; 0,6), (29,5; 0,6), (31,5; 0,6), (34; 0,6), (35,5; 0,6)

Таблица 2 – Группировка стержней и полученные размеры поперечных сечений труб

№ группы	Номера стержней в группе	$D \times t$ (мм)
1	1, 2	140×3,5
2	3, 12	152×5,5
3	4, 5, 10, 11	219×10,0
4	6, 7, 8, 9	219×10,0
5	13, 22	168×6,0
6	14, 15, 20, 21	152×5,5
7	16, 17, 18, 19	152×5,5
8	23, 32	140×3,0
9	24, 25, 30, 31	140×3,0
10	26, 27, 28, 29	140×3,0
11	33, 41	140×3,0
12	35, 35, 39, 40	89×4,0
13	36, 38	89×3,5
14	37	89×3,5

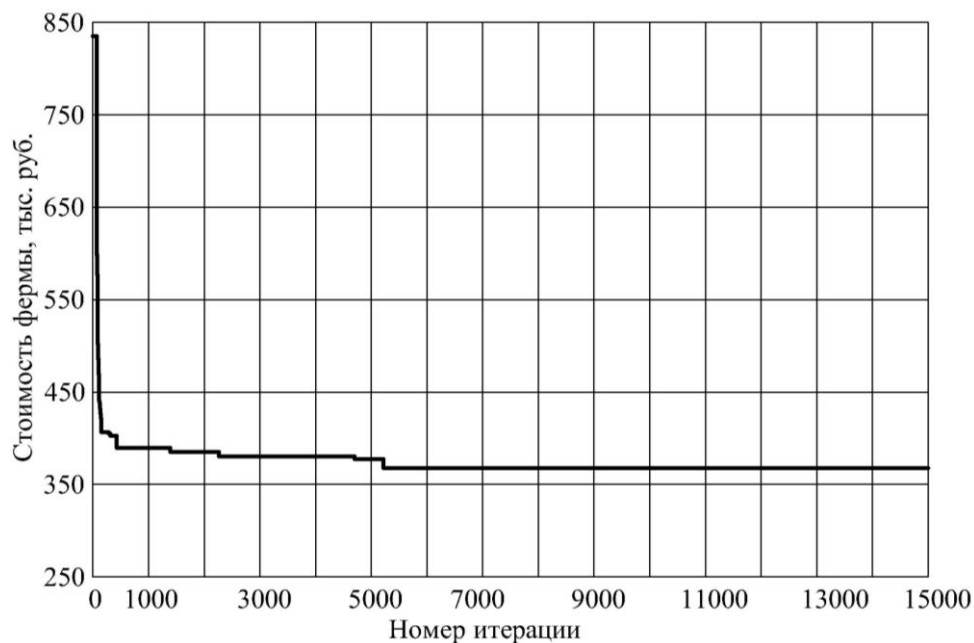


Рисунок 2 – График сходимости итерационного процесса

Закключение. Предложена вычислительная схема для оптимизации предварительно напряженных конструкций стальных ферм типа арки с затяжками на дискретных множествах допустимых вариантов поперечных сечений стержней, площадей поперечных сечений затяжек и сил их предварительного натяжения.

Обеспечена возможность получения в рамках единого вычислительного процесса практически значимых результатов путем выбора значений параметров с учетом требований стандартов и строительных норм.

Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-08-00567).

Список литературы

1. Ольков, Я.И. Оптимальное проектирование металлических предварительно напряженных ферм [Текст] / Я.И. Ольков, И.С. Холопов. – М.: Стройиздат, 1985. – 155 с.
2. Gkantou, M. Optimisation of high strength steel prestressed trusses [Text] / M. Gkantou, M. Theofanous, C. Baniotopoulos // 8th GRACM International Congress on Computational Mechanics. – 2015. – N. 1. – Pp. 1-10.
3. Aydın, Z. Cost minimization of prestressed steel trusses considering shape and size variables [Text] / Z. Aydın, E. Cakir // Steel and composite structures. – 2015. – Vol. 19. – N. 1. – Pp. 43-58.
4. Серпик И. Н. Поиск эффективных параметров, предварительно напряженных стальных большепролетных ферм с несколькими затяжками [Текст] / И.Н. Серпик, Н.В. Тарасова // Инновации в строительстве-2017: материалы международной научно-практической конференции. В двух томах. – Т.1. – Брянск, 2017. – С. 285-290.
5. Yang, X.-S. Engineering optimization: An introduction with metaheuristic applications [Text] / X.-S. Yang. – NJ, USA, Hoboken: Wiley, 2010. – 347 p.
6. Grygierek, K. Optimization of trusses with self-adaptive approach in genetic algorithms [Text] / K. Grygierek // Architecture civil engineering environment. – 2016 – N. 4. – Pp. 67-72.
7. Кирсанов, М.Н. Генетический алгоритм оптимизации стержневых систем [Текст] / М.Н. Кирсанов // Строительная механика и расчет сооружений. – 2010. – № 2. – С. 60-63.
8. Kaveh, A. Vibrating particles system_algorithm for truss optimization with multiple natural frequency constraints [Text] / A. Kaveh, M. Ilchi Ghazaan // Acta Mechanica. – 2017. – № 228 (1). – Pp. 307-322.
9. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* [Текст]. – М.: Министерство регионального развития РФ, 2011. – 173 с.
10. Serpik I.N. Mixed approaches to handle limitations and execute mutation in the genetic algorithm for truss size, shape and topology optimization [Text] / I.N. Serpik, A.V. Alekseytsev, P.Y. Balabin // Periodica Polytechnica Civil Engineering. 2017. - № 61(3). – Pp. 471-482.
11. Серпик, И.Н. Генетическая процедура синтеза несущих конструкций вагонов [Текст] / И.Н. Серпик, В.В. Мирошников, М.И. Серпик, А.И. Тютюнников // Качество машин: Сб. тр. 4-й Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск, 2001. – Т. 1. – С. 75-77.

12. Серпик, И.Н. Оптимизация железобетонных рам с учетом многовариантности нагружения [Текст] / И.Н. Серпик, И.В. Мироненко // Строительство и реконструкция. – 2012. – № 1 (39). – С. 33-38.

13. Гладков, Л. А. Генетические алгоритмы [Текст] / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: Физматлит, 2010. – 368 с.

14. Серпик И.Н., Тарасова Н.В. Расчет предварительно напряженных стальных ферм с несколькими затяжками методом конечных элементов [Текст] // Наука и инновации в строительстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Белгород, 2017. – С. 127-133.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ СТАЛЬНЫХ РАМ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Серпик И.Н., Терешин А.С. (БГИТУ, Брянск, РФ)

Рассматривается вопрос оптимального проектирования поперечных рам стальных каркасов промышленных и гражданских зданий. Ставится задача минимизации массы стержней конструкции. Учитываются ограничения по прочности, жесткости и устойчивости. Приводится пример оптимизации стальной трехпролетной рамы здания пассажирского терминала аэропорта международных авиалиний в г. Курган.

Оптимальное проектирование является мощным инструментом повышения эффективности строительных объектов. При поиске оптимальных решений для несущих строительных конструкций широко используют статистические методы, в которых реализуется целенаправленный перебор конечного множества вариантов проектных решений. При этом наиболее эффективных результатов удастся добиться с помощью метаэвристических итерационных схем [1-8]. Одним из таких подходов является эволюционное моделирование, базирующееся на механизмах эволюции видов в живой природе [6-11]. В работах [6, 10, 11] эволюционные схемы были реализованы для металлических конструктивных систем. В работе [11] рассмотрена оптимизация с помощью эволюционного алгоритма стальной рамы, изготовленной из сварных двутавровых профилей. Учитываются ограничения по прочности, а также общей и локальной устойчивости конструкции.

В настоящей работе рассматривается вопрос оптимального проектирования плоских стальных рам с использованием основных положений работ [7-10]. Принимается, что стержни в общем случае могут испытывать деформации растяжения-сжатия и плоского изгиба. Ставится задача минимизации массы стержней рамы:

$$M = \rho \sum_{j=1}^{j_o} L_j A_j \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где ρ – плотность материала; j_o – число стержней; L_j , A_j – длина и площадь поперечного сечения для j -го стержня.

Предусматривается варьирование профилей стержней или групп стержней на дискретных множествах типоразмеров поперечных сечений. Вводятся следующие ограничения:

1. По жесткости:

$$p_{\delta lk(t)} \leq 0 \quad (l = 1, 2, \dots, l_o; \quad k = 1, 2, \dots, k_o; \quad t = 1, 2, 3), \quad (2)$$

где $p_{\delta lk(t)} = (\delta_{lk(t)} / [\delta_{lk(t)}]) - 1$; $\delta_{lk(t)}$, $[\delta_{lk(t)}]$ – расчетное и допустимое перемещения узла в направлении оси Ox_t для нагружения k ; l_o – общее число узлов; k_o – число учитываемых нагружений.

2. По напряжениям:

$$p_{\sigma jk} \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, j_o; \quad k = 1, 2, \dots, k_o), \quad (3)$$

где $p_{\sigma jk} = (\sigma_{\Sigma jk} / [\sigma]_{jk}) - 1$; $\sigma_{\Sigma jk}$ – максимальные эквивалентные по принятой теории прочности напряжения, получаемые в стержне j для нагружения k ; $[\sigma]_{jk}$ – допускаемые напряжения для стержня j в нагружении k .

3. Условие устойчивости стержней:

$$p_{yjk} \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, j_o; \quad k = 1, 2, \dots, k_o), \quad (4)$$

где $p_{yjk} = (n_{yjk} / [n_{yjk}]) - 1$; n_{yjk} , $[n_{yjk}]$ – расчетный и допускаемый коэффициенты запаса устойчивости для стержня j в нагружении k .

4. Обеспечение общей устойчивости конструкции.

Условия (1)-(3) рассматриваются нами как активные ограничения эволюционного поиска. Обеспечение общей устойчивости трактуется как пассивное ограничение, которое проверяется для вариантов несущей системы, получаемых в результате осуществления оптимального синтеза. Процесс реализации эволюционного моделирования предусматривает выполнение операций селекции, мутации, одноточечного кроссинговера в соответствии с методологией работы [7].

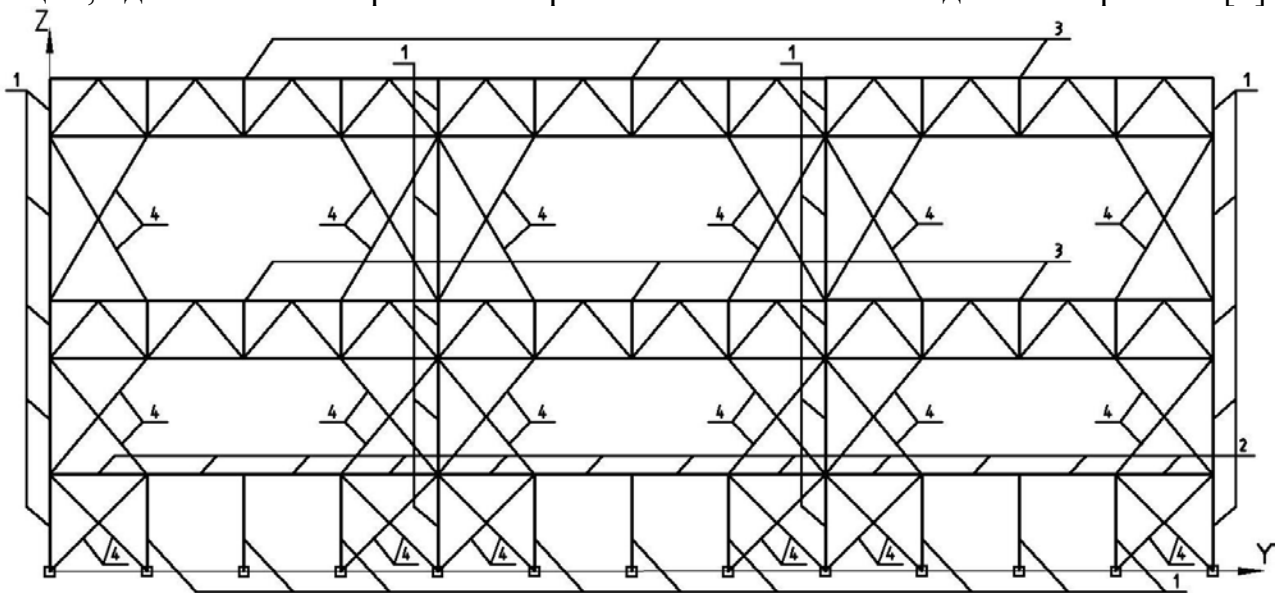


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель рамы: 1 – колонны; 2 – балки; 3 – фермы; 4 – связи

Проиллюстрируем возможности используемого алгоритма оптимального параметрического синтеза на примере трехпролетной рамы каркаса здания пассажирского терминала аэропорта международных авиалиний в г. Курган (рисунок 1). Конструкция рамы состоит из колонн, балок, стропильных ферм с параллельными поясами и связей по колоннам. Общая длина рамы – 72 м. Фермы полагаются раскрепленными из плоскости рамы по узлам верхних поясов, а колонны – по узлам соединения с другими стержнями.

Предусматривалось изготовление колонн из прокатных широкополочных двутавров по ГОСТ 26020-83 «Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок», балок – из нормальных двутавров по ГОСТ 26020-83, стержней ферм и связей – из замкнутых гнутосварных профилей по ГОСТ 30245-2003 «Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций» (таблица). Для всех стержней задавалась сталь С375 по ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия». Для унификации были введены 49 групп стержней, в пределах каждой из которых их профили принимались одинаковыми. Расчетная схема разбивалась на 359 конечных элементов.

Таблица – Рассматриваемые типоразмеры поперечных сечений стержней

Вид конструктивных элементов	Типоразмеры профилей
Колонны	Широкополочные двутавры: 26Ш1, 26Ш2 30Ш1 30Ш2 30Ш3 70Ш1 70Ш2 70Ш3 70Ш4 70Ш5
Балки	Нормальные двутавры: 18Б1 18Б2 20Б1 23Б1 26Б2 30Б1 30Б2 35Б1
Стержни ферм	Квадратные трубы: 40×40×2 40×40×3, 50×50×3, 60×60×3, 60×60×6, 70×70×7, 80×80×5, 80×80×8, 100×100×8, 120×120×8, 140×140×8, 160×160×8, 180×180×8, 200×200×8, 250×250×8, 300×300×8, 350×350×8, 400×400×8, 450×450×8, 500×500×8 (мм)
Связи по колоннам	Квадратные трубы: 40×40×2, 40×40×3, 50×50×3, 60×60×3, 60×60×6, 70×70×7, 80×80×5, 80×80×8, 100×100×8, 120×120×8, 140×140×8, 160×160×8, 180×180×8, 200×200×8, 250×250×8, 300×300×8 (мм)

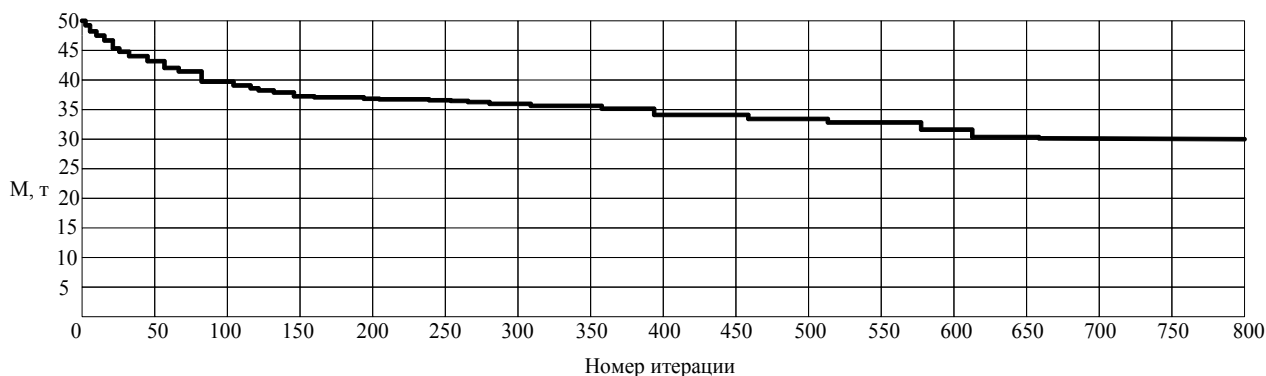


Рисунок 2 – Зависимость массы стержней рамы от номера итерации

Сходимость итерационного процесса отражена на рисунок 2. Было достигнуто значение $M = 30$ т. Проверочные расчеты подтвердили работоспособность полученного варианта конструкции. По сравнению с проектом рамы, полученным на основе традиционного подхода к проектированию, масса стержней снизилась на 15 %.

Заключение. Разработана методика оптимизации стальных плоских рам каркасов зданий на дискретных множествах профилей стержней. Подтверждена работоспособность представленных алгоритмов параметрического синтеза на примере трехпролетной трехэтажной рамы длиной 72 м.

Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-08-00567).

Список литературы

1. Kaveh, A. Optimum design of skeletal structures using imperialist competitive algorithm / A. Kaveh, S. Talatahari, // Computers and Structures. – 2010 – Vol. 88. – №21-22. – P. 1220-1229.
2. Stolpe, M. Truss optimization with discrete design variables: A critical review / M. Stolpe // Structural and Multidisciplinary Optimization. – 2016. – Vol. 53. – №2. – P. 349-374.
3. Kaveh, A. A new optimization method: Dolphin echolocation / A. Kaveh, N. Farhoudi // Advances in Engineering Software. – 2013. – Vol. 59. – P. 53-70.
4. Perez, R.E. Particle swarm approach for structural design optimization / R.E. Perez, K. Behdinan // Computers and Structures. – Vol. 85. – 2007. – P. 1579-1588.
5. Lee, K.S. The harmony search heuristic algorithm for discrete structural optimization / K.S. Lee, Z.W. Geem, S.-H. Lee, K.-W. Bae // Engineering Optimization. – 2005. – Vol. 37. – №7. – P. 663-684.
6. Мосин, А.М. Оптимальное проектирование упругодеформируемых стальных порталных рам с элементами переменной жесткости на основе генетического алгоритма: дис. ... канд. техн. наук [Текст] / А.М. Мосин. – Екатеринбург, 2004. – 134 с.
7. Serpik I.N. Mixed approaches to handle limitations and execute mutation in the genetic algorithm for truss size, shape and topology optimization [Text] / I.N. Serpik, A.V. Alekseytsev, P.Y. Balabin // Periodica Polytechnica Civil Engineering. – 2017. – № 61(3). – Pp. 471-482.
8. Серпик, И.Н. Генетическая процедура синтеза несущих конструкций вагонов / И.Н. Серпик, В.В. Мирошников, М.И. Серпик, А.И. Тютюнников // Качество машин: Сб. тр. 4-й Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск, 2001. – Т. 1. – С. 75-77.
9. Серпик, И.Н. Оптимизация железобетонных рам с учетом многовариантности нагружения / И.Н. Серпик, И.В. Мироненко // Строительство и реконструкция. – 2012. – № 1 (39). – С. 33-38.
10. Серпик, И.Н. Оптимизация металлических конструкций путем эволюционного моделирования [Текст] / И.Н. Серпик, А.В. Алексейцев – Издательство Ассоциации строительных вузов

11. Юрьев, А.Г. Оптимизация строительных конструкций на основе генетического алгоритма [Текст] / А.Г. Юрьев, С.В. Ключев, А.В. Ключев // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 310. – №1. – С. 61-64.

УДК 631.3.004.67:621.35.035.4

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ОСАЖДЕНИЯ НА МИКРОТВЁРДОСТЬ ПОКРЫТИЙ

Симохин С.П., Кисель Ю.Е., Ивашкин Ю.А., Обозов А.А.
(БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Рассмотрено влияние нестационарных режимов осаждения на микротвёрдость покрытия. Осаждение проводилось в хлористом электролите при скорости потока от 1 до 3 м/с и плотности катодного тока от 50 до 500 А/дм² в течении 20 минут. Даны практические рекомендации по выбору параметров нестационарных режимов осаждения с целью получения твердых покрытий.

The influence of non-stationary deposition regimes on the microhardness of the coating is considered. Deposition was carried out in chloride electrolyte at a flow rate of 1 to 3 m/s and a cathode current density of 50 to 500 A/dm² within 20 minutes. Practical recommendations on the choice of parameters of non-stationary deposition regimes to obtain solid coatings are given.

Введение. Электролитическое осаждение железных покрытий широко применяется в ремонтном производстве для восстановления большой номенклатуры деталей, имеющих износы до 1 мм. Это обусловлено технологической простотой и гибкостью процесса, а также его высокой экономичностью. Получение заданной равномерной толщины покрытия с относительно высоким классом шероховатости позволяет снизить затраты на дальнейшую механическую обработку. При всех своих достоинствах железнение имеет и существенный недостаток – низкая производительность процесса [1-3].

Особую практическую значимость интенсификация железнения приобретает при восстановлении больших партий деталей или крупногабаритных деталей, которые не могут быть загружены в ванны в большом количестве [1].

К наиболее перспективным технологическим приемам, позволяющим повысить производительность железнения, является нанесение гальванических покрытий в проточном электролите.

Целью работы было исследование влияния нестационарных режимов осаждения на микротвёрдость покрытий.

Метод исследования. Для исследования процесса осаждения железных покрытий в проточном электролите была сконструирована лабораторная установка, представленная на рисунке 1.

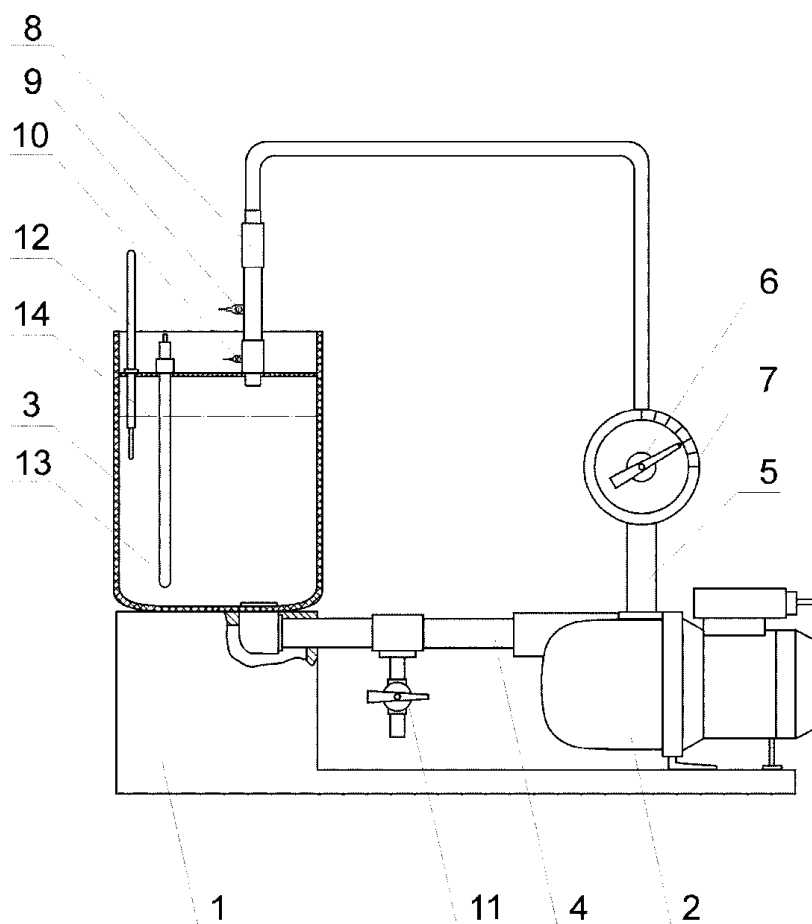


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для нанесения покрытий на образцы:
 1 – основание; 2 – мотор-насос; 3 – бак; 4 – всасывающий трубопровод; 5 – подающий трубопровод; 6 – кран регулировочный; 7 – диск со шкалой; 8 – ячейка; 9 – клемма питания анода; 10 – клемма питания катода; 11 – кран сливной; 12 – термометр; 13 – контактный нагреватель; 14 – уровень электролита

Установка состоит из основания 1, на котором установлены насос 2, бак для электролита 3. Насос и бак соединен трубопроводом 4, по которому раствор попадает в насос, а затем подается по трубопроводу 5 к ячейке 8, содержащей анод и восстанавливаемую деталь. Для регулировки скорости движения раствора служит кран 6, на котором закреплен диск со шкалой скоростей. Кран 6 позволяет регулировать скорость движения жидкости в диапазоне от 1 до 8 м/с.

Для поддержания заданной температуры раствора служит контактный нагреватель 13. Контроль температуры осуществлялся с помощью термометра 12.

В качестве электролита железнения использовался раствор хлористого железа с взвешанными в нем частицами электрокорунда размером 100-200 мкм. Осаждение покрытий проводилось при кислотности электролита $\text{pH } 0,7 \pm 0,1$ и температуре $60^\circ \pm 2^\circ \text{C}$. Исследовалось влияние скорости потока электролита (X_1) в м/с, концентрации частиц электрокорунда (X_2) в г/л и плотности катодного тока (X_3) А/дм² на микротвердость покрытий.

Эксперименты проводились по плану ЦКР 2³ [4]. Интервалы варьирования факторов (X_1), (X_2), (X_3) приведен в таблице.

Таблица – Факторы и уровни их варьирования

Уровни факторов	Код переменных	Значения переменных		
		X ₁	X ₂	X ₃
Звездная точка(+α)	+1,68	3	100	500
Верхний уровень	+1	2,7	80	387
Основной уровень	0	2	50	225
Нижний уровень	-1	1,3	20	163
Звездная точка(-α)	-1,68	1	0	50
Интервал варьирования		0,7	30	62

Прочность сцепления определяли методом кольцевого сдвига. В качестве восстанавливаемой детали использовались цилиндрические образцы (длиной 60 мм и диаметром 12 мм). Перед нанесением покрытия образцы обезжиривали в растворе венской извести, промывали дистиллированной водой и устанавливали в ячейку. Поверхности образцов, не подлежащие обработке, предварительно изолировались ПВХ.

Анодную обработку образцов проводили в хлористом электролите железнения: $D_A=100\pm 1$ А/дм², время анодного декапирования 10...15 с., скорость потока $2\pm 0,1$ м/с. Начальная плотность тока при осаждении составляла 2...2,2 А/дм². После нанесения покрытия образцы нейтрализовали в концентрированном растворе щелочи и стабилизировали в течении 10 суток. Полученное покрытие имело гладкую без трещин и следов отслаивания поверхность, толщина покрытия составляла 0,2-0,3 мм.

Измерения микротвердости проводили на приборе ПМТ-3М по ГОСТ 9450-76. Значение твердости вычислялось как среднее из 10...15 измерений. Обработку результатов эксперимента проводили по стандартной методике. Для проверки адекватности уравнения использовали F – критерий Фишера, для определения значимости коэффициентов t – критерий Стьюдента. В зависимости от значений выбранных фактов микротвердость покрытий изменялась в пределах 4-7,27 ГПа.

Результаты исследований и их обсуждения. При расчете матрицы планирования были определены коэффициенты регрессии и получено уравнение адекватно моделирующей зависимости микротвердости в проточном электролите:

$$Y_{Fe-Cl}=5,68-0,79X_1+X_2-0,25X_3+0,74X_1^2-0,68X_2^2+0,26X_3^2+0,13X_1X_2-0,55X_1X_3+X_2X_3.$$

На основании уравнения были построены следующие зависимости микротвердости от скорости потока электролита, концентрации частиц электрокорунда и плотности катодного тока.

Увеличение скорости потока до центра плана эксперимента приводило к снижению микротвердости, а затем она возрастала (рисунок 2). Увеличение содержания частиц электрокорунда приводило к увеличению микротвердости (рисунок 3). Увеличение катодной плотности тока в интервале от 160...270 А/дм² приводило к снижению микротвердости, а затем при превышении 270...380 А/дм² – к увеличению (рисунок 4).

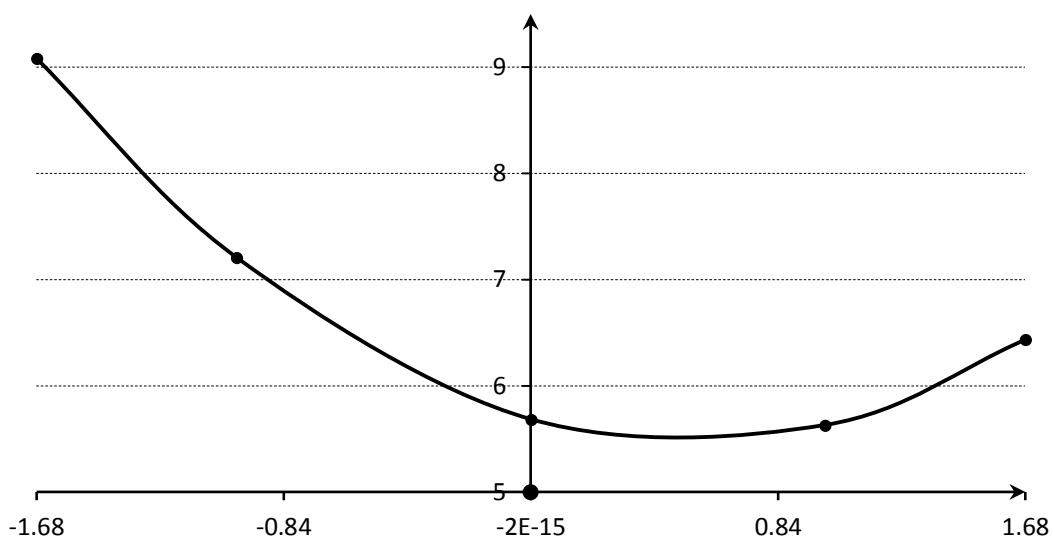


Рисунок 2 - Зависимость микротвердость образца от скорости потока

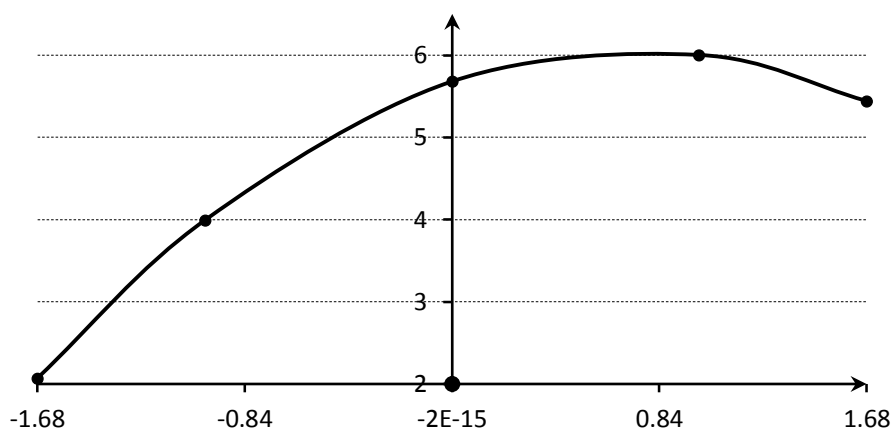


Рисунок 3 - Зависимость микротвердости образца от концентрации частиц

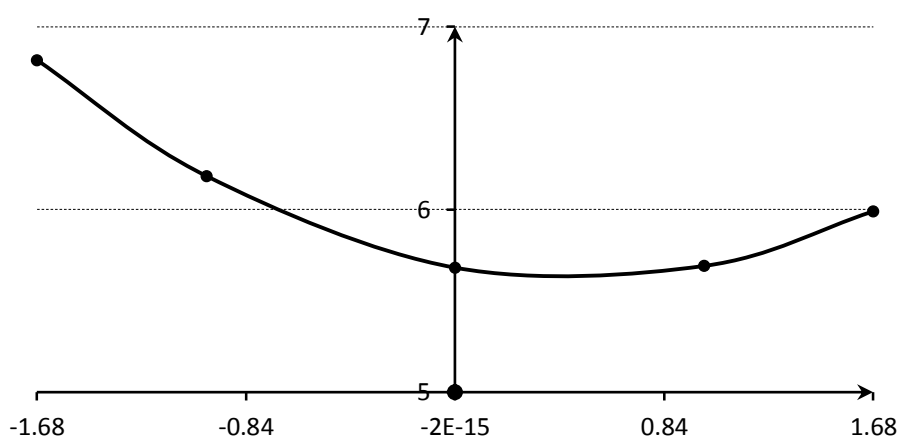


Рисунок 4 - Зависимость микротвердости образца от катодного тока

Исследования показали, что микротвердость снижается с 9 до 5,6 ГПа при увеличении скорости потока от 0 до 2,2 м/с, но существенно возрастает с 2 до 6 ГПа при увеличении концентрации частиц от 0 до 80 г/л. На рисунке 4 видно, что

микротвердость слабо зависит от катодного тока, обнаруживая тенденцию к уменьшению при 270 А/дм².

Вывод. Для получения наиболее твердых покрытий необходимо поддерживать скорость потока 2...2,5 м/с, концентрацию частиц 60...80 г/л, $D_k = 80...100$ А/дм.

Список литературы

1. Гурьянов, Г.В. Лазерная обработка износостойких композиционных электрохимических покрытий. Упрочняющие технологии и покрытия / Г.В. Гурьянов, С.С. Годунов, П.Е. Кисель, Ю.Е. Кисель. – 2010. – № 9 (69). – С. 32-37.
2. Гурьянов, Г.В. Определение параметров микроструктуры электрохимических покрытий по их дилатации. Труды Кубанского государственного аграрного университета / Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель, Е.М. Юдина. – 2013. – №43. – С. 295-299.
3. Гурьянов, Г.В. Износостойкие электрохимические сплавы и композиты на основе железа / Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель. – Брянск: БГИТА, 2015. 98 с.
4. Шалимов, В.В. Статические методы планирования экспериментов / В.В. Шалимов, И.А. Чернова. – М.: Наука, 1965.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВИБРОЗАЩИТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ВИБРОЗАЩИТНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ

Томлеева С.В. (БГИТУ, г. Брянск, Россия)

В данной работе предлагается математическая модель универсальной виброзащитной характеристики, реализующей оптимальную виброзащиту на всех перемещениях защищаемого объекта. В качестве примера рассмотрена ферма Мизеса. Аналитическое выражение характеристики представлено рядом Фурье.

In this paper, we propose a mathematical model of the universal vibration characteristics implementing optimal vibration protection on all movements of the protected object. As an example, the Mises truss is considered. The analytic expression of the characteristic is represented by a Fourier series.

При эксплуатации мобильных машин на человека-оператора действует множество неблагоприятных факторов, которые приводят в конечном итоге к снижению производительности труда и к возникновению профессиональных заболеваний. Среди них особое место занимает вредное влияние вибрации.

Для защиты человека-оператора от вибрации во всем диапазоне частот необходимо реализовать в подвеске сиденья следующие условия: достаточную несущую способность для обеспечения устойчивой работы оператора по управлению машиной; квазинулевою жесткость для перевода амплитудно-частотной

характеристики подвески в резонансную зону; снижение до минимума диссипации, чтобы исключить вредное влияние сил трения в резонансной зоне.

Все эти требования удовлетворяют виброзащитные системы с перескоком. Но данный метод имеет ряд известных недостатков, относящихся к конструкторским решениям, базирующимся на квазиулевой силовой характеристике подвеса. Прежде всего, это чувствительность характеристики к изменению веса человека-оператора, выражающаяся в смещении положения статического равновесия и реализации за счет этого несимметричных силовых и жесткостных характеристик. Упомянутый недостаток вынуждает значительно усложнять конструкцию виброзащитного сиденья, вводя регулировку на вес. Кроме того, каждая мобильная машина, в зависимости от условий ее эксплуатации, обладает своим уровнем перемещений подрессоренных и непрорессоренных частей. Следовательно, каждая из них требует реализации своей конкретной жесткостной характеристики подвеса сиденья, где главным является соответствие диапазона максимально возможных прогибов подвеса и виброзащитного хода характеристики, на котором наблюдается незначительное изменение квазиулевой жесткости. Такое положение является нормальным при внедрении на каком-нибудь одном транспортном объекте. Но огромное разнообразие таких объектов, исчисляемых в сотнях модификаций, требует разработки и внедрения некоей общей типовой конструкции, способной перейти в категорию массовой продукции.

Все эти недостатки исчезнут, если удастся реализовать универсальную виброзащитную характеристику, суть которой состоит в сохранении оптимальной виброзащиты на всем ходе устройства, не зависящей от величины прогиба подвеса.

В настоящее время основным направлением виброзащиты остается создание «мягкого» подвешивания для защищаемого объекта. В соответствии с теорией колебаний [1] для эффективной виброзащиты следует так подобрать жесткость упругого элемента, чтобы частота свободных колебаний защищаемого объекта не превосходила $1/\sqrt{2}$ частоты возмущающей силы. Для многих практических задач такая рекомендация неприемлема, так как смягчение подвешивания при неизменной массе объекта ведет к увеличению до недопустимых пределов статического прогиба или габаритов подвески.

Устройства с перескоком являются одним из типов виброзащитных устройств, которые сочетают в себе мягкое подвешивание и малый статический прогиб [2]. Они формируются путем параллельного соединения несущей пружины с известной жесткостью и элемента перескока. Существует несколько модификаций таких устройств. Все они при работе реализуют силовую характеристику, представленную на рисунке 1, кривая 1. Она получается при сложении силовой характеристики несущей пружины (в данном случае с постоянной жесткостью) (кривая 2, рисунок 1,а) и силовой характеристики элемента перескока (кривая 3, рисунок 1,а).

Силовая характеристика элемента перескока имеет три характерных участка. На участке OE идет процесс постепенного роста силы. В точке E наблюдается явление потери устойчивости, называемое перескоком, т.к. сила практически мгновенно изменяется от $Q_{ПЕ}$ до $Q_{ПФ}$, проходя через точку D , оси x .

Точка D определяет среднее положение неустойчивого равновесия элемента перескока, а участок EF соответствует участку неустойчивости, который можно зафиксировать только искусственным способом. Именно здесь мы имеем «падающую» характеристику, наиболее важную с точки зрения виброзащиты. Участок FL идентичен участку OE , но реализуется он при обратном ходе от точки L до точки O .

При параллельной установке пружины и элемента перескока между защищаемым объектом и источником возмущения система с перескоком после статического нагружения должна быть так деформируема, чтобы соответствовать точке D на характеристике 3, а весь допустимый ход подвески от статического равновесия в ту и другую сторону должен уложиться в диапазон точек $O-L$.

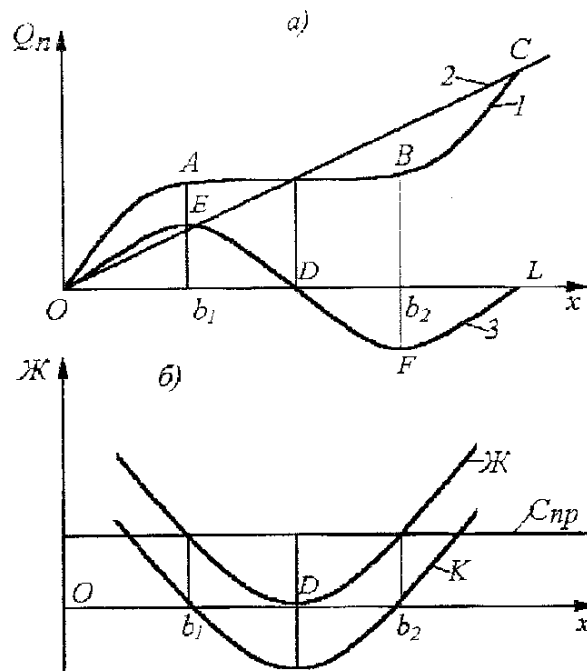


Рисунок 1 – Характеристики виброзащитного устройства с перескоком:
а – силовые характеристики; б – жесткостные характеристики.

При возникновении колебательного процесса (от точки D) прирост силы упругости пружины (прямая 2) будет сопровождаться таким же изменением сил элемента перескока на участке EF (кривая 3) и при этом его сила будет всегда иметь противоположный знак по отношению к силе упругости, нейтрализуя ее и снижая общий силовой уровень, воспринимаемый защищаемым объектом. На участках OE и FL этого не наблюдается, поэтому рассматриваемый участок суммарной силовой характеристики может быть параллельным оси x только в том случае, когда угол наклона силовой характеристики 2 будет равен углу наклона силовой характеристики 3, но иметь противоположный знак.

Тангенс угла наклона характеристики 2 к оси x – это известная величина, равная жесткости пружины C_{np} ; тангенс угла наклона характеристики 3 – функция, зависящая от параметров элемента перескока. Она определяется как производная по координате x от функции, описывающей силовую характеристику 3,

и выражает собой динамическую жесткость элемента перескока $K(x)$. Это нелинейная функция, имеющая область отрицательных значений на отрезке $[b_1, b_2]$, который соответствует области убывания силовой характеристики элемента перескока 3 (рисунок 1,б). Жесткость виброзащитного устройства, определяемая как суммарная жесткость пружины C_{np} и элемента перескока $K(x)$, также является нелинейной функцией $\mathcal{K}(x)$ (рисунок 1,б). На отрезке $[b_1, b_2]$ она меньше, чем жесткость пружины. Это обеспечивает смягчение подвески и, следовательно, улучшение виброзащитных качеств.

Чем больше протяженность отрезка $[b_1, b_2]$, тем менее чувствительно виброзащитное устройство к входному возмущению. На величину этого отрезка влияют параметры устройства. К ним относятся жесткость пружины C_{np} и параметры элемента перескока. Чтобы произвести правильный подбор параметров устройства, надо исследовать их влияние на величину отрезка $[b_1, b_2]$. В зависимости от того как конструктивно выполнен элемент перескока, изменяется число его параметров и соотношение между ними.

Наиболее известным элементом перескока является ферма Мизеса, выполненная в виде 2-х стержней, шарнирно соединенных друг с другом, и с 2-мя неподвижными опорами (рисунок 2).

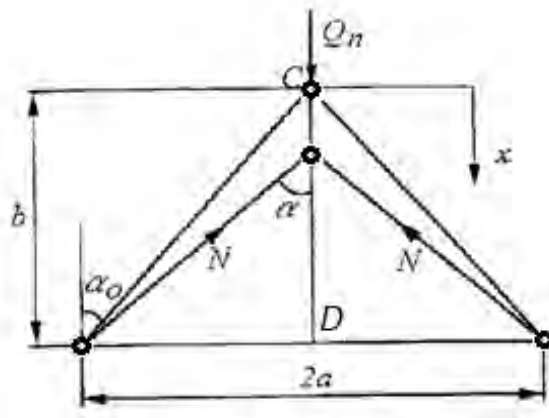


Рисунок 2 – Расчетная схема фермы Мизеса

Явление перескока происходит при действии вертикальной силы Q_n . К параметрам такого виброзащитного устройства относятся модуль упругости материала, из которого выполнены стержни, площадь поперечного сечения стержней, их длина и начальный угол отклонения от вертикали недеформированных стержней.

Силовая характеристика элемента перескока, выполненного в виде фермы Мизеса, описывается в виде:

$$Q_n = 2N \cos \alpha \quad (1)$$

где N - продольная сила в стержнях при сжатии;

α – переменный угол, зависящий от перемещения узла фермы вдоль вертикали и отсчитываемый от вертикали.

Продольная сила N определяется как

$$N = \frac{EF\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

где E – модуль упругости материала стержней;
 F – площадь поперечного сечения стержней;
 Δl – изменение длины стержней при сжатии;
 l_0 – длина недеформированного стержня.

Выразив Δl через a и α , получим

$$\Delta l = \frac{a}{\sin \alpha_0} - \frac{a}{\sin \alpha}. \quad (3)$$

Тогда

$$N = \frac{EF}{l_0} \left(\frac{a}{\sin \alpha_0} - \frac{a}{\sin \alpha} \right) = EF \left(1 - \frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha} \right).$$

Подставив это выражение в (1), получим

$$Q_n = 2 EF \left(1 - \frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha} \right) \cos \alpha \quad (4)$$

Связь между углом α и вертикальным перемещением x узла фермы выражается формулой

$$x = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha_0}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_0} \cdot a \quad (5)$$

Чтобы получить жесткостную характеристику элемента перескока, надо функцию Q_n продифференцировать по x , т.е.

$$K(x) = \frac{dQ_n}{dx} = \frac{dQ_n}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dx}. \quad (6)$$

Дифференцируя (4) по (5), получим

$$K(x) = 2EF (\sin \alpha_0 (\operatorname{ctg}^2 \alpha + 1) - \sin \alpha) \cdot \frac{a \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_0}{(a - x \cdot \operatorname{tg} \alpha_0)^2 + a^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_0}. \quad (7)$$

График функции $K(x)$ имеет вид, изображенный на рисунке 1,б. Точка D для рассматриваемого элемента перескока реализуется при горизонтальном расположении стержней (рисунок 2), что соответствует $\alpha = \pi/2$, $x = b$.

Несущая пружина, параллельно подключаемая к элементу перескока, должна обладать такой жесткостью C_{np} , чтобы суммарная жесткость виброзащитного устройства $\mathcal{J}$ в точке D была равна нулю. Это достигается, если

$$K(x) \Big|_{x=b, \alpha=\frac{\pi}{2}} + C_{np} = 0. \quad (8)$$

Подставив в (7) $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $x = b = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha_0}$, получим

$$2EF (1 - \sin \alpha_0) - a \cdot C_{np} = 0. \quad (9)$$

Уравнением (9) описывается условие оптимальной виброзащиты устройства, которое наблюдается на участке пониженной жесткости, соответствующем отрезку $[b_1, b_2]$ оси x .

При подборе параметров виброзащитного устройства приходится учитывать ограниченность величины отрезка $[b_1, b_2]$. Если рабочий ход устройства больше, чем четверть длины этого отрезка, то виброзащитные качества устройства ухудшаются. Поэтому надо разрабатывать такую конструкцию, чтобы динамическое перемещение x составляло не более $\frac{1}{4}$ длины отрезка $[b_1, b_2]$.

В реальных условиях эксплуатации устройства невозможно гарантировать выполнения этого условия, не вводя ограничителей хода устройства. Наличие таких ограничителей приводит к нежелательным ударным явлениям, возникающим при пробое подвески. Следовательно, необходимо создание такой конструкции виброзащитного устройства с перескоком, которое реализовало бы силовую характеристику, изображенную на рисунке 3,а.

Если наклонные ветви OA и BC характеристики 1, изображенной на рисунке 1, заменить множеством отрезков, каждый из которых параллелен оси x , то на каждом из них будет выполняться условие полной виброзащиты.

Реализация такой характеристики в виброзащитном устройстве не налагает ограничения на рабочий ход подвески, обеспечивая полную виброзащиту на любом участке этого хода. Придадим этой дискретной характеристике вид аналитической функции. Для этого воспользуемся тригонометрическими рядами Фурье.

Так как характеристика симметрична относительно середины отрезка AB , то ее удобно представить в осях координат с началом в этой точке (рисунок 3,б). Эта точка соответствует положению статического равновесия устройства. Симметричную, относительно начала координат функцию, представим в виде суммы тригонометрического ряда Фурье по синусам:

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \sin \frac{k\pi x}{l} \quad (10)$$

где $a_k = \frac{2}{l} \int_0^l P(x) \cdot \sin \frac{k\pi x}{l} dx$;
 l – длина участка $[x_{k-1}, x_k]$.

В силу симметрии функции будем рассматривать ее часть, лежащую в 1-й четверти. Для примера пусть этот участок представлен четырьмя отрезками (рисунок 3,б)

Функцию $P(x)$ зададим следующим образом:

$$P(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x < x_1 \\ p_1 & x_1 \leq x < x_2 \\ p_2 & x_2 \leq x < x_3 \\ p_3 & x_3 \leq x < x_4 \end{cases}$$

Формула для определения коэффициентов a_k имеет вид [3]:

$$\begin{aligned} a_k = \frac{2}{l} \int_0^l P(x) \sin \frac{k\pi x}{l} dx &= \frac{2}{l} \int_0^{x_1} 0 \sin \frac{k\pi x}{l} dx + \frac{2}{l} \int_{x_1}^{x_2} p_1 \sin \frac{k\pi x}{l} dx + \frac{2}{l} \int_{x_2}^{x_3} p_2 \sin \frac{k\pi x}{l} dx + \\ &+ \frac{2}{l} \int_{x_3}^{x_4} p_3 \sin \frac{k\pi x}{l} dx = \frac{4}{k\pi} \sum_{m=1}^3 p_m \sin \frac{k\pi(x_{m+1} + x_m)}{2l} \sin \frac{k\pi(x_{m+1} - x_m)}{2l} \end{aligned} \quad (11)$$

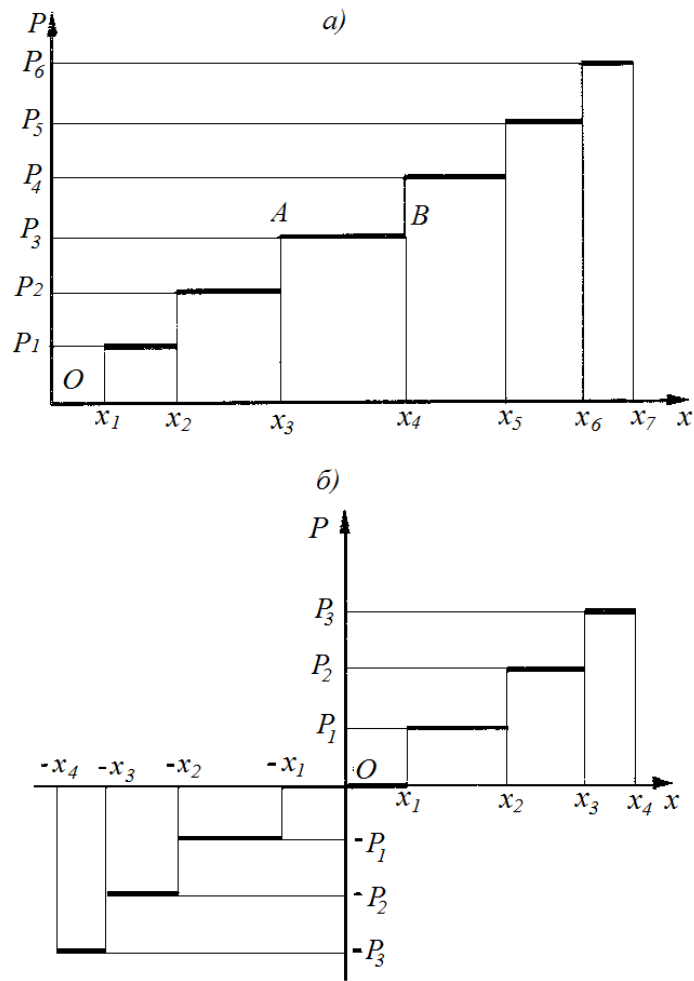


Рисунок 3 – Универсальная силовая характеристика виброзащитного устройства

Таким образом коэффициент a_k представлен в виде суммы ряда, число членов которого соответствует числу отрезков, составляющих силовую характеристику $P(x)$ в 1-й четверти, минус один. Это число должно быть известно и задано.

С учетом (11) выражение силовой характеристики принимает вид:

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} \sin \frac{k\pi x}{l} \cdot \sum_{m=1}^3 p_m \cdot \sin \frac{k\pi(x_{m+1} + x_m)}{2l} \sin \frac{k\pi(x_{m+1} - x_m)}{2l}. \quad (12)$$

Бесконечная сумма ряда может быть ограничена. Число членов N можно вычислить, исходя из заданной погрешности, путем оценки остатка сходящегося ряда Фурье.

Аналитическое выражение универсальной виброзащитной характеристики дает возможность определить влияние параметров устройства на виброзащитные качества.

Заключение

Результаты исследования указывают на некоторые проблемы, связанные с проектированием и эксплуатацией виброзащитных систем с перескоком: системы с перескоком требуют точной регулировки по массе человека-оператора, нарушение которой ведет к резкому снижению качества виброзащиты; проектирование виброзащитной системы привязано к конкретной мобильной машине и ведется с учетом ее динамики и условий работы, то есть нет широких возможностей унификации виброзащитных сидений. Одним из способов решения данных задач может быть реализация виброзащитной системы с перескоком, обладающей универсальной характеристикой. В данной работе предложена математическая модель универсальной виброзащитной характеристики, что дает возможность провести качественный анализ виброзащитных качеств устройства.

Список литературы

1. Болотник Н.Н. Оптимизация амортизационных систем. – М.: Наука, 1983. – 275 с.
2. Томлеева С.В., Савельев А.Г., Моисеев Г.Д., Жилейкин М.М. Расчет параметров виброзащитного устройства с квазиулевым жесткостью для сидений операторов строительных и дорожных машин: // Строительные и дорожные машины. – 2018. – №3. – С. 27-32.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике – М.: Наука, 1984. – 881с.

УДК 69.058.2

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛА ОПИРАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ МНОГОПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ НА СБОРНО-МОНОЛИТНЫЙ РИГЕЛЬ В ДВУХМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Швачко С.Н., Стручков П.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Выполнено численное моделирование узла опирания плит перекрытия безопалубочного формования на сборно-монолитный ригель в двухмерной постановке. Представлена двухмерная модель одного из важнейших узлов универсальной домостроительной системы (УДС) и сравнение результатов расчетов с данными натурного эксперимента.

Сборно-монолитные каркасы представляют собой сложную конструктивную систему. Для адекватного моделирования работы таких систем под нагрузкой необходимо иметь четкие представления о работе их узлов. В последнее время этот узел является объектом исследования как экспериментального [1, 2], так и численного [3] моделирования.

Натурные испытания узла опирания предварительно напряженной многопустотной плиты перекрытия на сборно-монолитный ригель проведены на комбинате ООО «Бетон-Комплект 32» в апреле 2017 года [1]. Была изготовлена полноразмерная модель (рисунок 1), которая включала в себя две железобетонные многопустотные плиты перекрытия безопалубочного формования ПБ 72.12-8, сборно-монолитный ригель, а также опорные и страховочные блоки ФБС.



Рисунок 1 – Стенд испытания узла опирания под нагрузкой

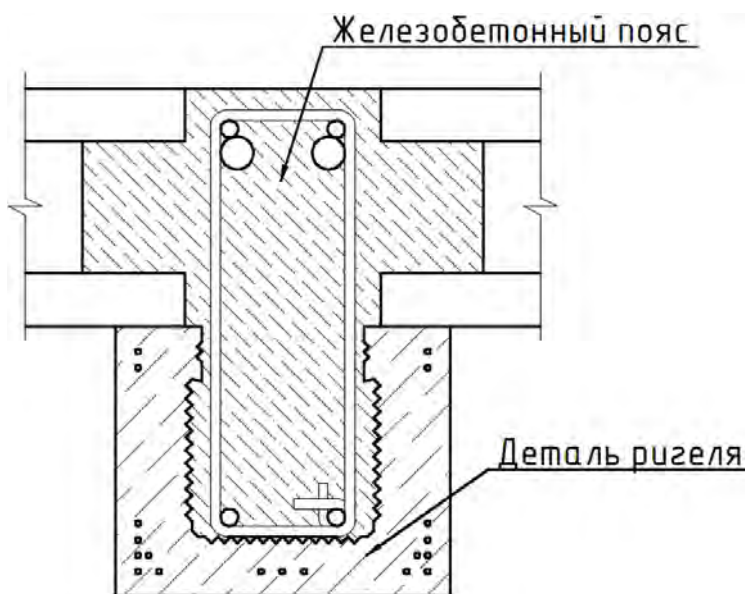


Рисунок 2 – Схема узла опирания плиты ПБ на сборно-монолитный ригель

В свою очередь, сборно-монолитный ригель состоит из детали ДР 4.2,5.31,3-8,0 и монолитного железобетонного пояса, нижняя часть которого размещена в лотке детали (рисунок 2). Нагружение плиты осуществлялось фундаментными блоками ФБС 12.4.6 массой 615 кг (первый ряд блоков) и ФБС 9.5.6 массой 600 кг (второй ряд блоков).

Численное моделирование выполнено в программном комплексе ПК STARK_ES 2016 (лицензия ФГБОУ ВПО

«БГИТА» № 066101) [4, 5] по плоской схеме. Конструкции представлены в виде элементов типа «балка-стенка». Арматура задана стержневыми элементами.

В плитах ПБ 72.12-8 в качестве рабочей преднапрягаемой арматуры используется проволока класса Вр1400 диаметром 5 мм – 4 стержня в верхней зоне и 22 в нижней. Приложение нагрузки от предварительного напряжения в ПК STARK_ES аналогично заданию противоположно направленных сосредоточенных сил на концах преднапряженной арматуры. Заданы силы величиной 35,5 кН и 410,3 кН, что соответствует предварительному напряжению в 500 МПа и в 1100 МПа верхней и нижней арматуры.

Внешние нагрузки задавались как распределенные по длине от веса блоков ФБС 12.4.6, расположенных в нижнем ряду. Распределенная нагрузка от одного блока ФБС 12.4.6 (ширина блока 0,4 м) составляет 15,07 кН/м. Нагрузки прикладывались парами на каждую плиту перекрытия. Вес блоков ФБС 9.5.6 учитывался коэффициентом отношения их массы к массе блоков типа ФБС 12.4.6. Это отношение составило $600/615 = 0,976$.

Ступени нагружений моделировались при помощи комбинаций. Всего было создано 10 комбинаций. 1-я комбинация включает собственный вес конструкций и нагрузку от предварительного напряжения, со 2-ой по 6-ю комбинации дополнительно от блоков первого ряда, с 6-ой по 10-ю комбинации заданы нагрузки от блоков, как первого, так и второго ряда блоков.

Для элементов конструкций были заданы нелинейные материалы (рисунок 3): 1, 2 – стержневые элементы арматуры, 4, 6, 8 – материалы плиты, 3, 5, 7 – материалы шпонки, 9 – материал ригеля. Для материалов 1, 2 принят материал «Арматура», для остальных материалов тип «Бетон». Для плит перекрытия и ригеля задан бетон марки В30, а для шпонок – бетон марки В25. Толщины материалов плиты, шпонок и ригеля назначены с учетом размеров пустот.

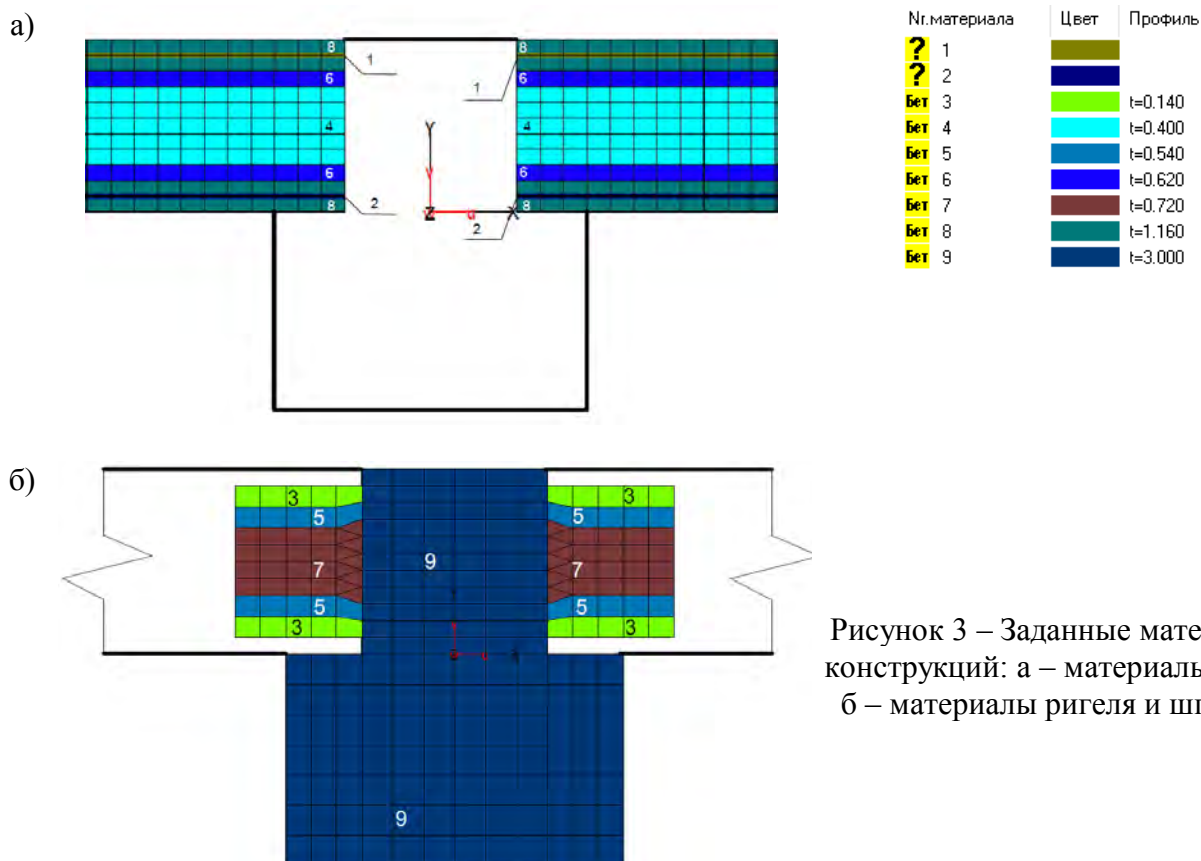


Рисунок 3 – Заданные материалы конструкций: а – материалы плит; б – материалы ригеля и шпонок

Закрепление модели производилось в местах расположения опор исследуемой конструкции. Жесткость опор подбиралась таким образом, чтобы вертикальные перемещения на первой и пятой ступени соответствовали экспериментальным данным. Шарниры установлены по границе плиты с ригелем и шпонками как односторонние, разрешающие отрывные деформации.

Расчет выполнен с учетом конструктивной нелинейности узла и физической нелинейности материалов. Прогибы, полученные в результате расчета, представлены в таблице и на рисунке 5. Значение прогибов принято относительно первой ступени нагружения.

Таблица – Прогибы середины плит в расчете по STARK ES и эксперименте

№ ступени нагружения	Суммарная внешняя нагрузка, кН	Прогиб в расчете по STARK_ES, мм	Прогиб в эксперименте, мм
1	0.0	0.00	0.00
2	36.9	2.61	2.18
3	61.5	4.74	3.64
4	86.1	7.30	6.55
5	110.7	8.56	8.36
6	135.3	11.39	18.59

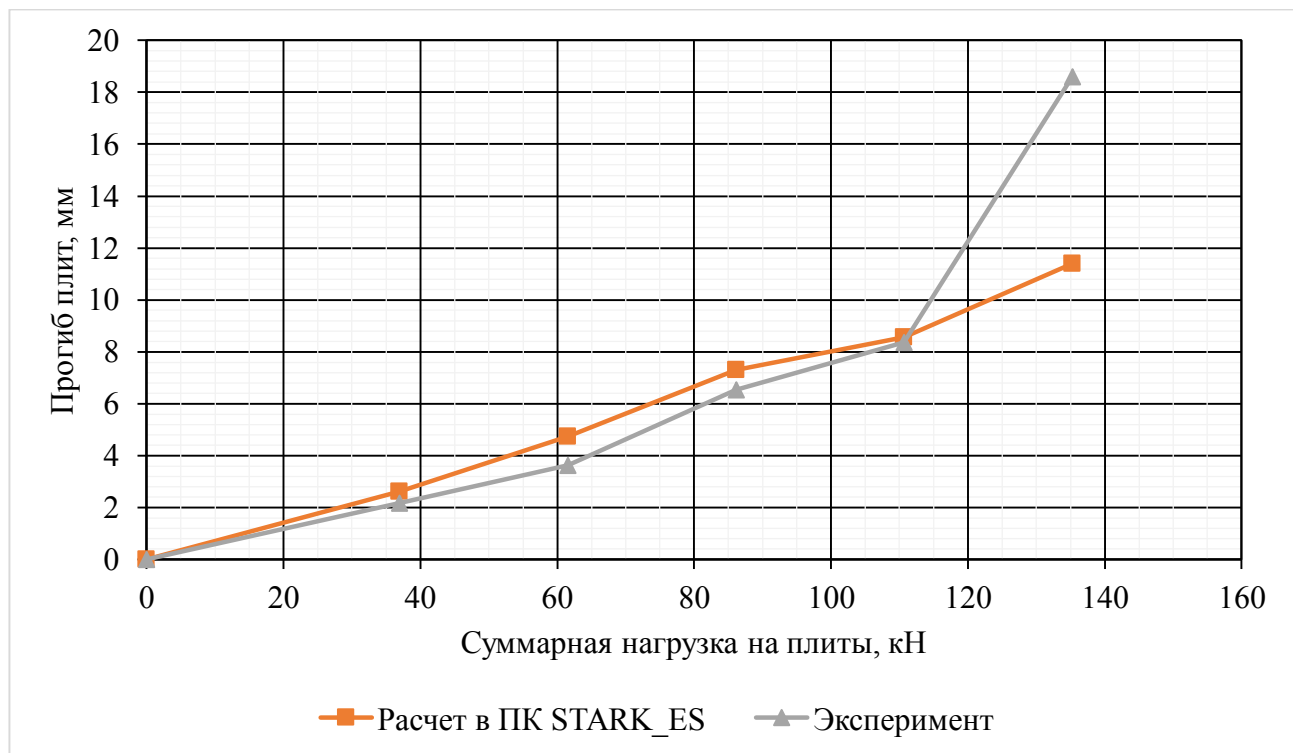


Рисунок 4 – График расчётных и экспериментальных значений прогибов середины плиты

Анализ результатов показывает, что используемая конечно-элементная модель позволяет получить близкие значения прогибов плиты вплоть до контрольной нагрузки по жесткости (5-я ступень нагружения, суммарная внешняя нагрузка 110,7 кН), после которой в эксперименте наблюдался быстрый рост

прогибов. В численной модели интенсивные нелинейные эффекты наблюдаются после 6-ой ступени нагружения (суммарная внешняя нагрузка 135,3 кН). На 7-ой ступени нагружения (суммарная внешняя нагрузка 171,3 кН) итерационный процесс не сходится.

Заключение

Предложена двухмерная конечно-элементная модель узла опирания предварительно напряженной многопустотной плиты перекрытия на сборно-монолитный ригель. Рассмотренная модель позволяет получить значения перемещений конструкции близкие к экспериментальным вплоть до контрольной нагрузки по жесткости.

Статья написана при поддержке гранта РФФИ: проект № 18-08-00567 «Оптимизация несущих систем по топологии, параметрам, режимам многократного предварительного напряжения и последовательности приложения полезных нагрузок».

Список литературы

1. Швачко, С.Н. Испытание узла опирания многопустотной плиты перекрытия безопалубочного формования на сборно-монолитный ригель // С.Н.Швачко, П.В.Стручков // Материалы III Брянского межд. инновац. форума «Строительство-2017». – Брянск: БГИТУ, 2017. – Т.1. – С. 321-324.
2. Коянкин, А.А., Митасов В.М. Экспериментальные исследования работы стыкового соединения ригеля с колонной в сборно-монолитном перекрытии [Текст] // Вестник МГСУ. – 2015. – № 5. – С. 27-35.
3. Макаркин, С.В. Напряженно-деформированное состояние узла опирания на ригель многопустотной плиты перекрытия безопалубочного формования в сборно-монолитном каркасном здании [Текст] / С.В. Макаркин, М.Ю. Васянин, Е.А. Кузнецов, А.И. Старикович // Стройкомплекс Среднего Урала. – 2016. – № 10 (202). – С. 45-46.
4. Серпик, И.Н. Анализ деформирования железобетонных плит с учетом дискретности арматуры и физической нелинейности [Текст] // И.Н. Серпик, К.В. Муймаров, С.Н. Швачко // Научное обозрение. – 2014. – № 8 – С. 70-75.
5. Серпик, И.Н. Алгоритм расчета и экспериментальное исследование деформаций железобетонных плит с односторонними опорными связями [Текст] // И.Н. Серпик, К.В. Муймаров, С.Н. Швачко // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – № 2 (71). – С. 99-109.

ПОВЫШЕНИЕ КОМФОРТНОСТИ ЖИЛЬЯ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

Ахременко М.А., Музальков А.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье рассмотрено понятие комфортности, приведены и обоснованы подходы по повышению комфортности жилья в многоэтажных жилых домах путем изменения объемно-планировочной структуры помещений и конструктивных решений.

The report reviewed the concept of comfort, presented and justified approaches to improve the comfort of housing in high-rise residential buildings, by changing the space-planning structure of rooms and design solutions.

Во все времена к зданиям предъявляются одни и те же требования: прочность, надежность, долговечность, экономичность, комфортность. Требование комфортности характерно именно для жилых зданий, так как в них люди проводят большую часть времени, в течение которого совмещают разнородные функциональные процессы: сон, питание, хозяйственно-бытовую деятельность и др.

Понятие «комфорт», которое используется в различных нормативных документах и научных исследованиях, не имеет определенного, конкретного толкования. Разработка в течение нескольких лет нормативных документов для строительного проектирования позволила проектировщикам и архитекторам применить понятие «комфорт» к основным объектам массовой застройки – к жилым зданиям и к местам осуществления труда в офисах и на промышленных предприятиях. «Комфорт» предлагается рассматривать как сложную систему свойств среды обитания, которая сочетается с психофизиологическими особенностями человека, и его потребностями, проистекающими из характера его жизнедеятельности. Эта система свойств представляет собой совокупность основных трех составляющих: – комфорт, необходимый для сохранения здоровья; – комфорт минимально достаточный эргономический; – комфорт социальной (или функциональной) обеспеченности.

Из выше сказанного можно сделать вывод: комфортность жилья – это наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности людей, определяемые функционально-планировочными, гигиеническими, эстетическими и техническими характеристиками.

Одни структурные элементы зданий практически не видоизменяются с течением времени и не претерпевают значительных изменений, такие как санитарно-гигиенические показатели комфортности. Другие составляющие комфортности существенно видоизменяются в каждом периоде застройки. Это изменение обуславливается зависимостью от временной эпохи, государственного строя, идеологии, состояния экономики, демографической ситуации, культурных веяний, методов строительства.

Если проанализировать нормативные документы (СНиП и СП) с 1954 по 2011 г., можно сделать вывод о том, что общая площадь квартир постепенно увеличивалась и установилась на одном уровне в 1971-1985 гг., но так и не дошла

до показателей, рекомендованных отечественными и зарубежными специалистами. Например, нормированная площадь 2-х комнатной квартиры по СНиП II-V.10-54 на 40 % меньше площади, установившейся с 1985 г. Площадь, нормированная СП 54.13330.2011, на 30 % меньше рекомендованной площади для квартир малого уровня комфорта.

Если рассмотреть, помещение кухни типового пятиэтажного жилого дома, размеры которого в чистоте составляют 2600×2600 мм, установить в нее минимальный набор оборудования и предметов (холодильник, газовая плита, мойка, стол и стулья и др.) и провести зонирование данного помещения, то можно увидеть насколько стесненным является данное помещение (рисунок 1).

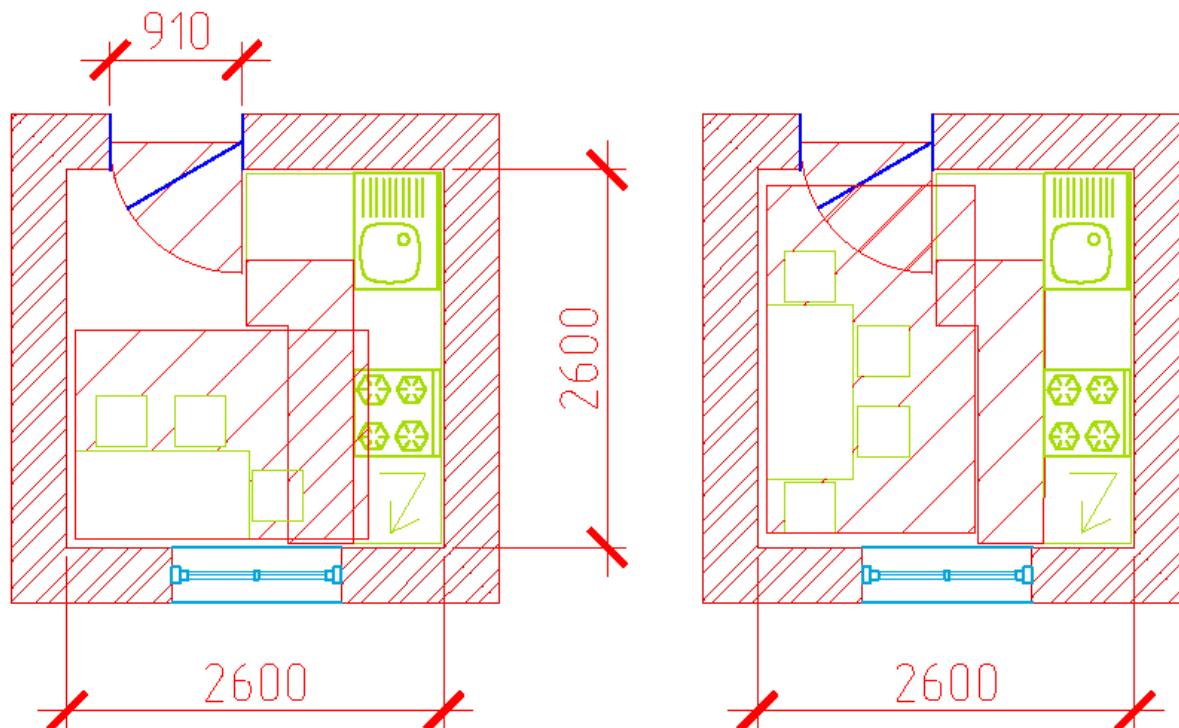


Рисунок 1 – Планировка кухни типового пятиэтажного жилого дома.

Важность решения данной проблемы обусловлена тем, что более 50 % жилищного фонда в нашем городе, да и в стране в целом, представлена типовой застройкой пятиэтажных зданий. Площади помещений в таких домах очень малы, в результате чего человек вынужден жить в стесненных условиях, разумеется, о комфортности никакой речи идти не может. Также стоит отметить, что большая часть жилищного фонда не отвечает современным требованиям по теплозащите, что также сказывается на людях, проживающих в этих домах. Современная типовая застройка многоэтажных каркасных домов значительно повысила показатели площади помещений и теплозащиты, однако они все еще далеки от идеальных (рисунок 2). Такие здания выполняются преимущественно по безригельной системе, с максимальным шагом колонн 7,2 м, с выполнением ограждающих конструкций в виде стен из силикатного кирпича толщиной в 510 мм.

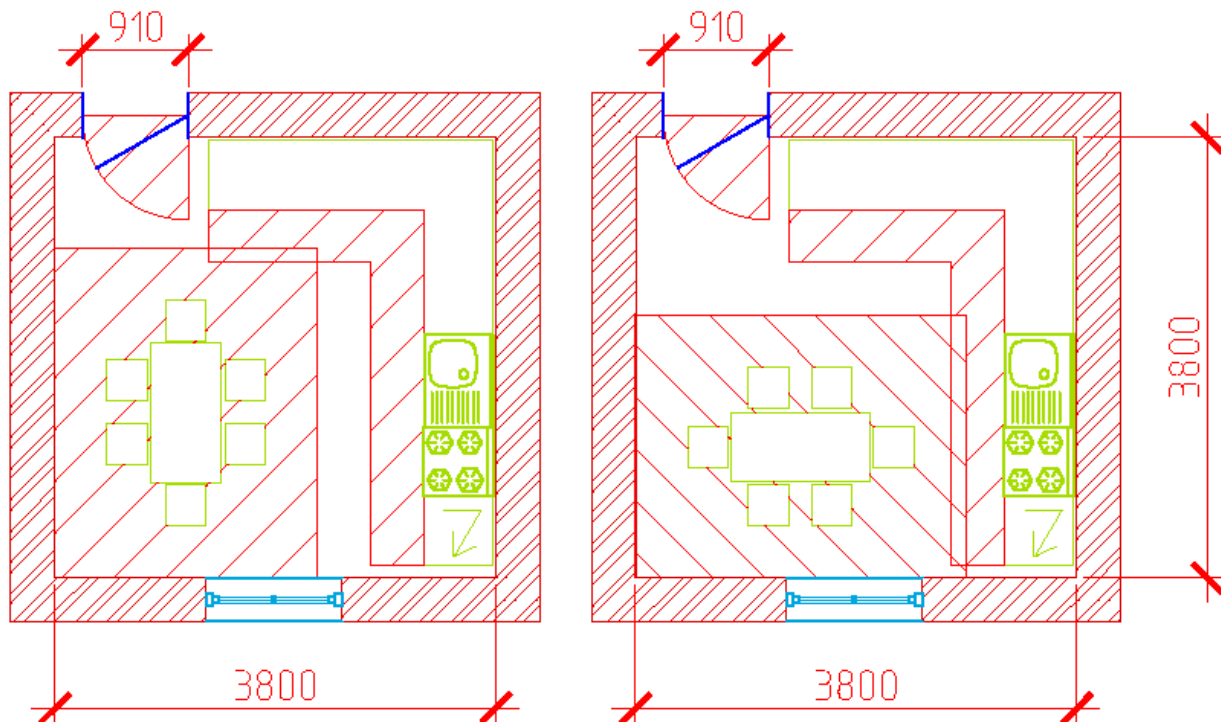


Рисунок 2 – Планировка кухни современной типовой застройки

Для решения данной проблемы будет предпринят поиск новых объемно-планировочных решений, разработка проекта планировки помещений отдельных квартир, зонирование помещений, а также поиск новых конструктивных решений для ограждающих конструкций стен и покрытия.

В качестве новых объемно-планировочных решений на данном этапе мы решаем увеличить шаг колонн с 7,2 до 7,5 м как минимум, возможно и дальнейшее увеличение, если это будет необходимо. В качестве подтверждения, что подобные увеличения возможны, мы выполним расчет в программном комплексе SCAD. В результате этого мы получим полную картину напряженно-деформированного состояния здания в целом, что поможет более рационально подбирать материалы, размеры сечения и армирование для тех или иных конструкций. Далее мы в получившуюся ячейку 7,5 на 7,5 или более впишем основной набор помещений.

При получении подобной ячейки мы получим возможность разработать несколько проектов планировки квартиры. Такой подход поможет нам получить несколько вариантов планировки, который может быть выбран уже владельцем исходя из его собственных предпочтений. Каждый из разработанных проектов планировки должен быть проверен на комфортность путем зонирования помещений. Мы разместим в комнатах минимальный набор мебели и предметов интерьера, проведем зонирование на постановочную зону (зону, отведенную под мебель, предметы интерьера и оборудование), рабочую зону (зону, находящуюся рядом с рабочей, отведенную для нормального взаимодействия человека с предметами в постановочной зоне, как правило, от 30 до 45 см) и свободную зону (зона, которая остается в резерве). Считается, что чем больше свободная зона,

тем более комфортной считается помещение, также недопустимо пересечение рабочих зон от разных объектов. Так же мы проведем зонирование помещений в квартирах существующей типовой застройки и проведем сравнения.

Теплотехнические показатели здания имеют так же существенную роль в повышение комфортности жилья. Применявшиеся до нововведений однослойные конструкции из традиционных материалов перестали удовлетворять возросшим требованиям, им на смену пришли многослойные ограждающие конструкции с так называемыми эффективными теплоизоляционными материалами – обычно, это минеральная вата или пенополистирол. Самым главным недостатком многослойных стен с эффективными теплоизоляционными материалами является неопределенность их срока службы и недооценка затрат на их капитальный ремонт и утилизацию отслуживших свой срок теплоизоляционных материалов и элементов фасада. Будут предприняты шаги по поиску наиболее эффективных конструктивов ограждающих конструкций, с оптимальными значениями по теплозащите, долговечности, и что более важно безопасности и экологичности.

Заключение

1. Современные многоэтажные жилые здания не соответствуют требованиям комфортности и теплозащиты.

2. Помимо вышеуказанных способов повышения комфортности жилых зданий так же стоит обратить внимание на другие элементы городской среды, которые так же сказываются на комфорте проживания людей. К ним можно отнести благоустройство дворовых территорий и озеленение, наличие в пределах доступности социально-важных учреждений, также необходимо помнить о выполнении требований по доступности жилого здания для маломобильных групп населения и т.д.

Список литературы

1. СНиП II-V.10-54 Жилые здания.
2. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные.
3. Архитектурное проектирование жилых зданий/М.В. Лисициан, В.Л. Пашковский, З.В. Петунина [и др.]. –М.: Архитектура-С, 2006. -488 с.
4. Пируцкая А.В., Курякова Н.Б. Комфортность как критерий жилищного фонда Перми// Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2014. № 2. С. 272.

СИСТЕМЫ АНТИОБЛЕДЕНЕНИЯ ПЛОСКИХ КРОВЕЛЬ

Ахременко С.А., МIRONENKO Л.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье проанализированы способы защиты плоских кровель от образования наледей и сосулек в зимний период времени. Рассмотрены варианты защиты кровельных покрытий путем использования нагревательных кабельных систем, гирлянды со светодиодами, а также устройства гидрофобных покрытий.

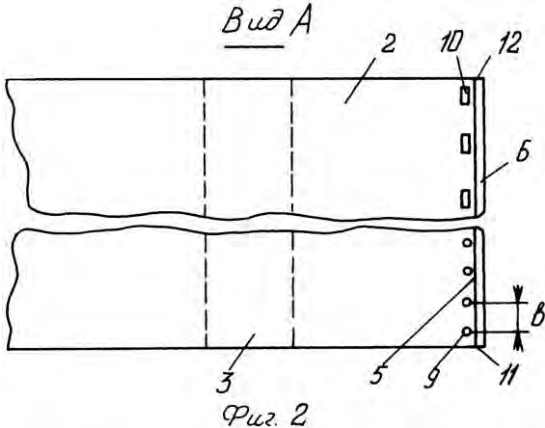
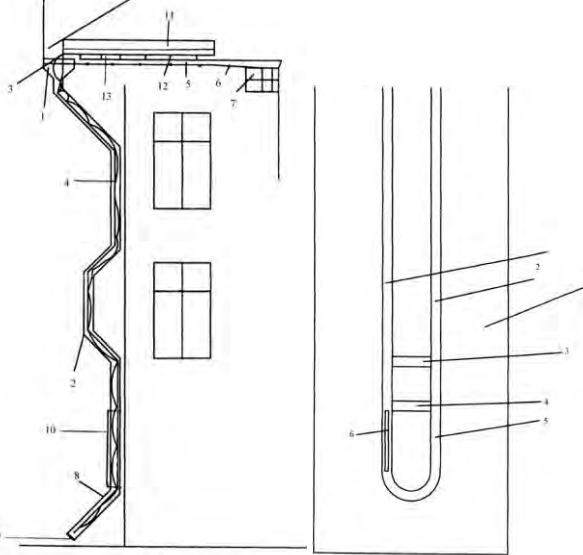
Известно, что главной причиной повреждения крыш, водостоков и желобов является наледь, которая скапливается на поверхности и несет свое разрушительное действие. В зимнее время это явление способно доставить немало хлопот и существенного материального ущерба. Застывший лед своей массой способен деформировать карниз крыши и повредить водосточную систему. Также сохраняется угроза падающих сосулек.

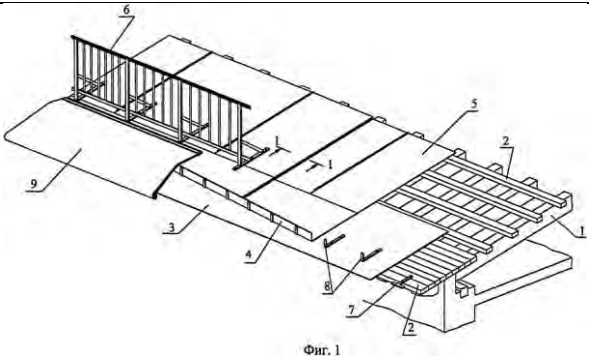
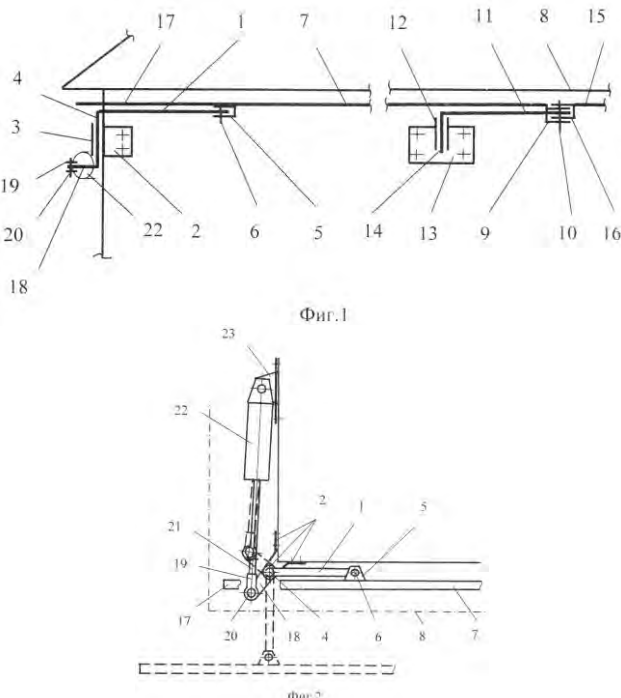


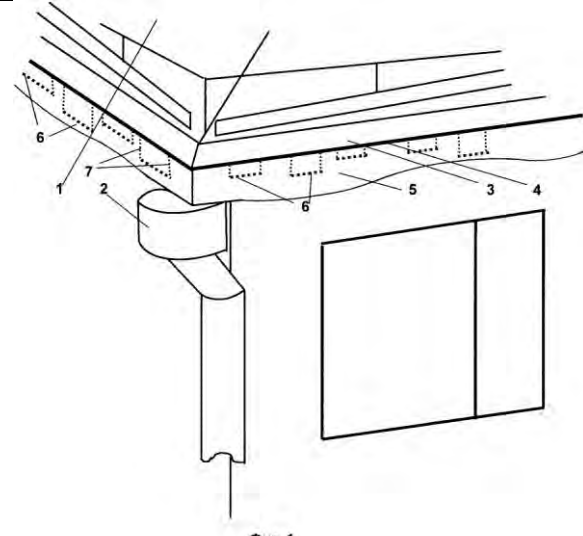
Рисунок 1 – Пример обледенения кровли

Актуальность решения данной проблемы заключается в возможности уменьшения таких угроз в условиях городской среды. Основным способом предотвращения наледи является поддержание высокой температуры крыши, не менее 0 градусов, в этом случае снег будет таять круглосуточно, и не будет замерзать. Плоские кровли требуют особо тщательного обогрева, прокладки кабеля практически по всей площади крыши, а также в трубах, расположенных на ней. Особое внимание следует уделить верхней части плоской кровли и имеющимся перепадам высот, где образование наледи может привести к дальнейшему проникновению влаги в помещение.

Таблица 1 – Патентные решения систем антиобледенения плоских кровель

№ патента, наименование патента, автор, год подачи заявки	Внешний вид	Краткое описание
2301869, Антиобледенительная кровля скатных и условно-плоских плоскостных крыш, способ реконструкции существующих систем наружного организованного водостока с наклонных металлических кровель преимущественно для талых вод и антиобледенительный настенный желоб для осуществления способа реконструкции, Пантелеев И.С., 2005		На нижней кромке карнизного свеса организуют герметичную отбортовку из водонепроницаемого материала, например, в виде стандартного надстенного желоба, а в нижних точках их соединения выполняют дозирующие отверстия для капельного отвода талых вод.
2381339, Антиобледенительная система для карнизов крыш и водосточных труб, Зотин В.Г., 2007		Предотвращение образования сосулек достигается применением гирлянды с лампочками накаливания или со светодиодами, помещенными в светопрозрачный рукав и установленный на траектории падения капель талой воды. Возможно применение вместо гирлянды установки двойного шланга с подачей теплого воздуха.

№ патента, наименование патента, автор, год подачи заявки	Внешний вид	Краткое описание
2527274, Крыша с устройствами для удаления льда и снега, Федоров Ю.М., 2012	 Фиг. 1	Крыша оснащена устройством для удаления льда и снега, которое представляет конструкцию из легкого по весу эластичного материала, уложенную по верх спуска и желоба крыши. В нижней части устройство снабжено греющим электрическим кабелем и утяжеляющим эластичную конструкцию балластом. Верх эластичной конструкции крепится так, чтобы между кровлей и эластичной конструкцией оставался зазор, достаточный для стекания со ската дождевых вод в расположенный под эластичной конструкцией желоб.
2524107, Устройство для обламывания сосулек, Ожерельев В.Н., 2013	 Фиг. 1 Фиг. 2	Устройство включает смонтированные в ряд под карнизом крыши посредством цилиндрических шарниров поворотные рычаги, снабженные приводом. На нижнем конце оси одного из поворотных рычагов смонтирован кривошип, соединенный посредством вертикального пальца с приводным механизмом.

№ патента, наименование патента, автор, год подачи заявки	Внешний вид	Краткое описание
2520583, Система предотвращения образования ледяных наростов на крышах, Ефимочкин А.П., 2013	 Фиг. 1	Система, содержащая крышу и водосточные трубы, включает металлический проводник, прикрепленный вдоль контура крыши к нижней поверхности ее кромки. На металлическом проводнике закреплены свисающие вниз гибкие полосы, на внутренней поверхности которых размещены гибкие горизонтально расположенные пьезоэлементы, концы которых подключены к двум разным точкам проводника, образуя автономный замкнутый контур.

Из основных методов удаления сосулек и наледи с поверхности крыши можно выделить

- механические методы;
- использование гидрофобных покрытий;
- нагревательные методы.

Рассмотрим и сравним технико-экономические показатели нагревательных кабелей, гирлянды со светодиодами, а также устройства гидрофобных покрытий.

При использовании кабеля для обогрева водостоков оптимальная удельная мощность составляет до 20 Вт/м, обогрев самого пространства кровли предполагает использование кабеля с удельной мощностью более 20 Вт/м.

Таблица 2 – Сравнение технико-экономических показателей систем

Марка кабеля	HEM DAS Hemstedt	CCT 30MHT2	CCT 20HCKT2	CCT Freezstop	FINEGRX30- 2CR	ElthermELS R-LS-30-2- BO
Тип кабеля по количеству жил	резистивный двужильный с термодатчиком	резистивный двужильный	резистивный одножильный	Саморегулирующийся	Саморегулирующийся	Саморегулирующийся
Мощность	30 Вт/м	30 Вт/м	20 Вт/м	30 Вт/м	30 Вт/м	30 Вт/м
Цена за 1 м	330 руб.	180 руб.	120 руб.	500 руб.	320 руб.	710 руб.

Список литературы

1. Упавшая с крыши сосулька в Брянске пробила голову ребенку // БрянскToday. URL: <https://bryansktoday.ru/2018040469078/society/Upravshaya-s-kryshi-sosulka-v-Bryanske-probila-golovu-rebenku.html> (дата обращения: 18.10.2018).
2. В Брянске на ребёнка и женщину с балкона упала глыба льда // Брянские новости. URL: <https://www.bragazeta.ru/news/2018/01/26/v-bryanske-na-rebenka-s-balkona-ruhnul-ledyanoy-plast/> (дата обращения: 17.10.2018).
3. Греющие кабели // Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. URL: <https://gisee.ru/articles/for-ground/815/> (дата обращения: 17.10.2018).
4. Дружинин П. В., Юрчик Е. Ю. Механизм образования наледей и сосулек на крышах домов // ТТПС. – 2012. – №19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizm-obrazovaniya-naledey-i-sosulek-na-kryshah-domov> (дата обращения: 17.10.2018).
5. Расчет примерной электрической мощности системы обогрева кровли // Группа компаний «СтройПерспектива». URL: http://220volt.su/stati/moshchnost_obogreva_krovli (дата обращения: 17.10.2018).
6. Тарифы на электроэнергию в Брянске и Брянской области // ЭнергоВОПРОС.ру. URL: <https://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/tarify-na-elektroenergiju/3024/32854/> (дата обращения: 17.10.2018).

АНАЛИЗ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПРОТИВОРАДОНОВОЙ ЗАЩИТЫ ПОДВАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Ахременко С.А., Осипова Э.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Статья посвящена проблеме накопления радона в воздухе подвальных помещений, который перемещается в жилые этажи зданий. Приведен анализ измерений концентрации радона в г.Брянске и Брянской области, рассмотрены общие методы минимизации радона в подвальных помещениях. Приведено технико-экономическое обоснование выбора противорадоновой защиты.

Проблема радонового загрязнения зданий весьма актуальна в настоящее время. По мнению экспертов Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) радон, средняя объемная активность которого в жилых помещениях в разных странах мира составляет в среднем около 40 Бк/куб. м, вызывает 10% ежегодно регистрируемых в мире заболеваний раком легких (карцинома, аденокарцинома). Кроме того, радон может явиться причиной поражения клеток эпителия бронхов, увеличения рисков рака желудка, мочевого пузыря, прямой кишки, кожи, поражения костного мозга, сердечно-сосудистой системы, печени, щитовидной железы, половых желез. Возможны и отдаленные генетические по-

следствия радонового облучения. Это приводит к снижению социального благополучия жителей и как следствие ухудшению экономической привлекательности, как отдельного дома, так и целых районов городов. Именно поэтому так важен анализ наиболее эффективных, долговечных и современных средств защиты подвалов зданий от радонового воздействия [3].

Главным источником поступления радона в здание является грунтовое основание. Радон выделяется из почвы практически по всей поверхности земли. Так же источниками являются материалы ограждающих конструкций, наружный воздух, а в отдельных случаях возможны значимые поступления радона из сжигаемого в здании топлива и воды, подаваемой из артезианских скважин [1].

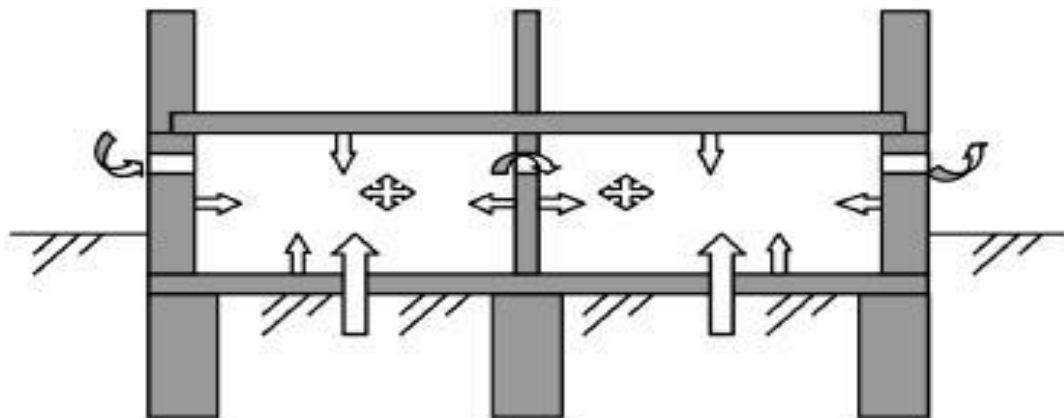


Рисунок 1 – Основные источники и стоки радона: грунтовое основание, материалы ограждающих конструкций, вентилирующий воздух, распад

Перенос радона от источника в помещение осуществляется вследствие диффузии и конвекции.

Для подавления диффузионного переноса радона из грунта в здание применяются подземные ограждающие конструкции из тяжелого плотного монолитного бетона в сочетании (при необходимости) с рулонными, обмазочными, пропиточными и другими гидрогазоизоляционными материалами с низкими значениями коэффициента диффузии радона.

Конвективный перенос предотвращается применением трещиностойких узлов и конструкций, уплотнения (герметизации) стыков и швов между элементами конструкций. Для исключения конвективных поступлений радона в здание рекомендуется отсутствие щелей, направление которых совпадает с направлением потока радона из грунта в здание, в узлах стыковки горизонтальных и вертикальных конструкций (например, бетонной плиты подвального пола с цокольной стеной).

В настоящее время проблема защиты зданий от радонового излучения получила большой контроль государства. В 2017 году был выпущен соответствующий свод правил при проектировании радоновой защиты СП 321.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования противорадоновой защиты» [4].

Анализ измерений концентрации радона проводился на основе отчета о научно-исследовательской работе «Уровни облучения населения Брянской области от природных радиоактивных источников» Институтом экологии Международной Инженерной академией.

Мгновенная объемная концентрация радона в воздухе обследованных зданий, в подвалах помещений Брянской области выше, чем на 1-х этажах, примерно на 30%.

Наибольшее значение концентрации радона наблюдается в п. Найтоповичи, и даже составляет крайнее значение нормы 200 Бк/м^3 . В остальных населенных пунктах измерения колеблются в пределах нормы от 28 до 30 Бк/м^3 .

Согласно измерений концентрации радона в подвале и на 1-ом этаже в г.Брянске имеем следующее: во всех районах г.Брянска содержание газа в подвалах больше, чем на первых этажах, в среднем на 16%. Наибольшее содержание радона наблюдается в подвалах зданий Советского района (связано с геологическим состоянием).

Уровень объемной концентрации радона характеризуется весьма большим разбросом значений от 20 до 303 Бк/м^3 .

Анализ результатов исследования показал, что на концентрацию радона в воздухе помещений влияют погодные условия. При ясной и солнечной погоде концентрация радона резко возрастает до 2,5 раз [2].

В целом противорадоновая защита здания представляет собой комплекс вспомогательных технических мероприятий, реализуемых при проектировании его ограждающих конструкций и инженерных систем. Их проектирование, осуществленное без учета радонового фактора, может привести к созданию неблагоприятной радоновой обстановки в здании.



Рисунок 2 – Методы защиты от радонового загрязнения

Рассматривая классификацию используемых методов защиты можно выделить следующие типы и технические решения:

1) Пропитка – состав, внедряемый в жидком состоянии в поры и пустоты слоя пористого или сыпучего материала путем инъектирования состава в материал или просачивания после нанесения на поверхность материала.

2) Покрытие – состав, наносимый в жидком состоянии тонким слоем на твердую поверхность элемента ограждающей конструкции. Покрытие может одновременно выполнять функцию паро- или гидроизоляционного слоя.

3) Мембрана – слой пленочного, рулонного или листового газонепроницаемого материала, опирающегося на несущий элемент подвальной стены, полы или перекрытия. Мембрана может выполнять те же функции, что и покрытие.

4) Барьер – несущая или самонесущая сплошная, практически газонепроницаемая ограждающая конструкция (или элемент конструкции). Как правило, барьер выполняется из монолитного трещиностойкого железобетона в виде подвальной стены, пола или перекрытия.

5) Другие методы защиты [4].

Понятно, что не все из представленных методов универсальны. Наибольшее значение для защиты имеет использование специальных покрытий, наносимых методом окрашивания поверхности, и полимерных мембран, монтируемых на поверхности, так как своевременный ремонт и замену таких покрытий можно осуществлять практически на любой стадии жизненного цикла здания.

В настоящее время выпускаются следующие виды покрытий:

- R-COMPOSIT RADON;

- Antidote SR.

Они представляют собой полимерные материалы на модифицированной мрамором латексно-акриловой основе, производимые в виде водной суспензии, со специальными наполнителями в виде магнезита.

При рассмотрении выпускаемых разновидностей полимерных мембран выделяются следующие основные типы:

- DELTA-RADONSPERRE - представляет собой изоляционный материал, изготовленный из полиолефина. Пленка толщиной 0,4 мм обладает высокой гибкостью, что делает возможным ее укладку на любых поверхностях. Материал может использоваться в любых климатических зонах.

- LOGICROOF T-SL Двухслойная гидроизоляционная неармированная полимерная мембрана на основе высококачественного пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ).

Выполним сравнение экономических затрат на монтаж и эксплуатацию полимерных мембран и покрытий.

Таблица 1 – Сравнение стоимостных показателей материалов, применяемых в качестве антирадоновой защиты

Характеристики	R-COMPOSIT RADON	Antidote SR	DELTA-RADONSPERRE	LOGICROOF T-SL
Стоимость	719-750 руб/л	-	190-225 руб/м ²	430-640 руб/м ²
Средняя стоимость	738 руб/л	642 руб/л	209 руб/м ²	543 руб/м ²
Расход на 1м ²	1,0-1,2	1,0-1,2	-	-
Стоимость отделки 1м ² , руб.	886	770	209	543

Сравнивая стоимостные показатели используемых материалов можно прийти к выводу, что использование полимерных мембран в качестве защиты более целесообразно ввиду более низкой цены, однако применение данных материалов ограничивается ввиду необходимости нанесения специального двухкомпонентного клея при монтаже, что дополнительно увеличивает стоимость работ. Использование полимерных покрытий требует нанесения на защищаемые поверхности грунтовочного материала и последующего окрашивания. Исходя из того, что стоимость двухкомпонентного клея значительно превышает стоимость грунтования поверхности, наиболее приемлемым вариантом защитного покрытия можно назвать полимерные композиции. Кроме того, такой вид покрытия имеет более высокие температурные пределы применения, то есть способен выдерживать более низкие температуры эксплуатации.

Несмотря на кажущееся разнообразие выбора защитных антирадоновых покрытий, в данный момент на рынке существует дефицит компаний, выпускающих такие покрытия. Во многом для защиты зданий применяют гидроизоляционные полимерные материалы и другие методы борьбы с радоновым загрязнением, однако эти методы применимы лишь к новому строительству. Проблема недостатка специальных материалов создает возможности для развития этого направления, создания новых и совершенствования уже существующих видов покрытий. Учитывая стоимость самих материалов и монтажа, особое внимание необходимо уделять производству и повышению качества полимерных именно защитных покрытий, наносимых методом окрашивания.

Список литературы

1. Ахременко С.А., Плотников В.В. Основные пути попадания радона в здания. Материалы 1 Международной научно-практической конференции, БГИТА, Брянск 2003. – с.30-34
2. Институт экологии Международной инженерной академии. Отчет о научно-исследовательской работе «Уровни облучения населения Брянской области от природных радиоактивных источников»
3. Радиоактивность в окружающей среде. Радиационный фон внутри помещений: Учебное пособие// Е.В. Сулейманов, А.О. Коршунов. – Нижний Новгород: Изд. Научно-исследовательский институт химии, 2013 – 29 с.
4. СП 321.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования противорадоновой защиты».

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКАТНЫХ КРОВЕЛЬ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ АНТИОБЛЕДЕНЕНИЯ

Ахременко С.А., Протченко М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье проанализированы способы защиты скатных кровель от образования наледей и сосулек в зимний период. Определено, что наиболее перспективным методом защиты кровельных покрытий является использование нагревательных кабельных систем. В ходе анализа были рассчитаны технико-экономические показатели основных видов кабелей, эксплуатационные затраты и сделаны выводы об эффективности применения таких систем.

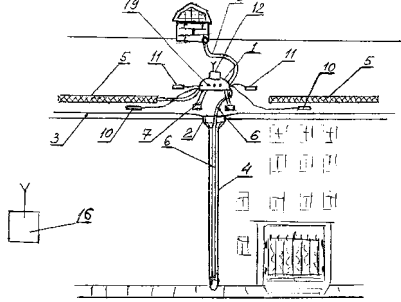
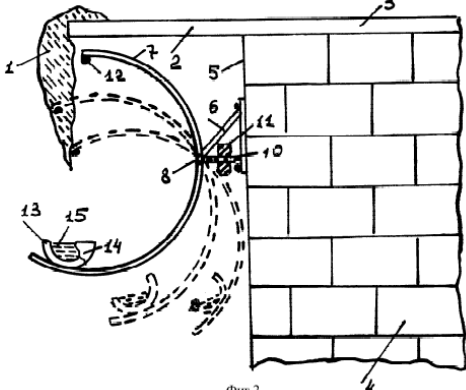
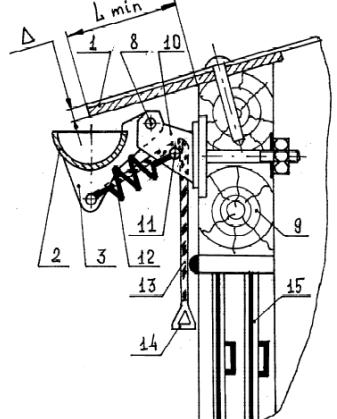
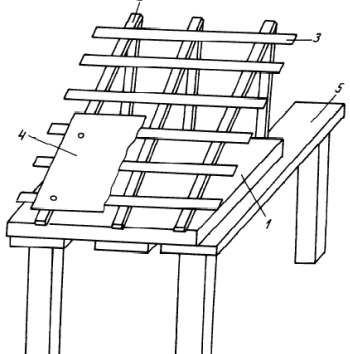
Главные проблемы эксплуатации кровель в зимний период проявляются в образовании наледей на крышах во время суточных колебаний температуры с переходом через 0 °С. Это, в свою очередь, создает угрозу для здоровья человека и приводит к несчастным случаям. На территории г. Брянск в 2018 году были зарегистрированы факты падения сосулек на человека с причинением вреда здоровью [1, 2].



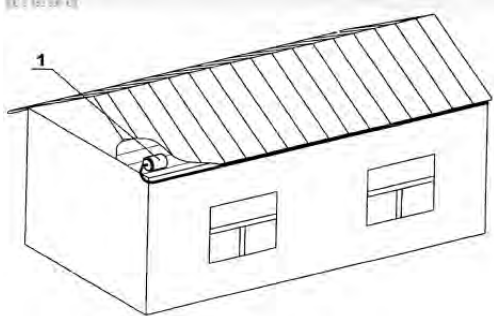
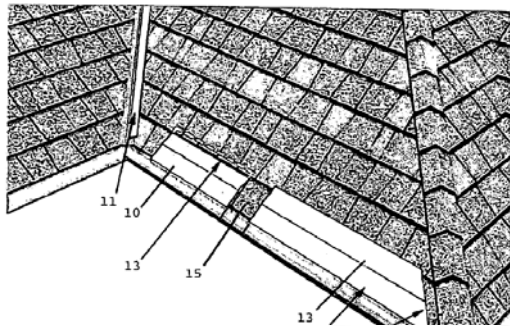
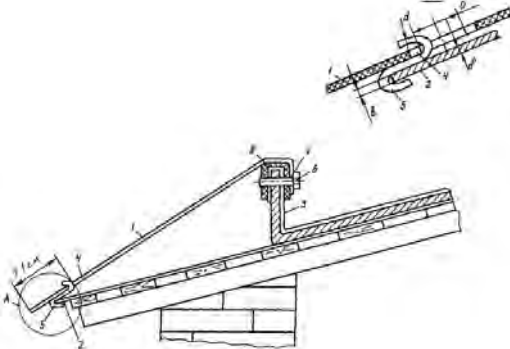
Рисунок 1 – Примеры обледенения кровли в г. Брянск

Актуальность решения данной проблемы заключается в возможности уменьшения таких угроз в условиях городской среды. Наиболее перспективным вариантом повышения безопасности кровель является внедрение систем антиобледенения. В настоящее время использование таких систем происходит лишь в самых крупных городах России, большинство собственников пренебрегает ими ввиду наличия дополнительных затрат на эксплуатацию. Рассмотрим основные патентные решения таких систем.

Таблица 1 – Патентные решения систем антиобледенения

№ патента, наименование патента, автор, год подачи заявки	Внешний вид	Краткое описание
2503785, Комплекс для защиты зданий от образования льда и снега в водостоках и наледи в виде сосулек на карнизах кровли, Рыбкин А.П., 2011		Система, состоящая из карбоновой греющей пленки, инфракрасного излучателя, блока дистанционного включения, пульт дистанционного управления, выполненного на основе системы связи Bluetooth или WiFi
2493339, Устройство для автоматического механического удаления сосулек, Белый Д. М., 2012		Устройство для механического удаления сосулек, льда и снега со свесов кровли здания, содержащее шарнирно прикрепленный к свесу кровли сбивающий поворотный орган, выполненный составным из шарнирно соединенных полос и снабженный бойком, соединенным с гибкой связью
2485261, Устройство для удаления наледи и сосулек, Кузнецов А.Н., 2011		Для борьбы с обледенением производится резкое ручное перемещение - опускание ручной рукояти троса. Трос начинает скользить сверху по оси и перемещать, приближая к стене, нижний выступ поперечного звена. Имевшиеся сосульки и наледи разрушаются от резкого приложения и роста прикладываемых и инерционных сил
2457075, Способ защиты кровли крыши материального объекта от образования сосульки на ее кромке, Верховомов В.К., 2011		Изобретение заключается в нанесении на поверхность кровли крыши материального объекта гидрофобного покрытия, что уменьшает прилипание жидкости (воды) к поверхности

Секция 4. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

№ патента, наименование патента, автор, год подачи заявки	Внешний вид	Краткое описание
2452830, Устройство для удаления сосулек с кровли здания, Боярко П.Н., 2010		Устройство для удаления сосулек с кровли здания, включающее источник механических колебаний, выполненный в виде электрического привода вращения, и взаимодействующий с ним гибкий волновод, состоящий из корпуса, выполненного в виде гибкой трубки
US 2006/0288652, Кровельная система плавления льда и снега, Michael J. Gurr, 2005		Изобретение представляет собой систему коробов с вмонтированным в ней нагревательным кабелем
2310727, Устройство для защиты крыши здания и сооружения от образования наледи и сосулек, Палей А.А., Бугаев А.С., Жмур В.В., Лапшин В.Б., Фомин В.А., 2005		Значительная часть осадков, попадая на антиобледенительное покрытие, вследствие его гидрофобности и слабой адгезии ко льду, а также значительного угла наклона крыши скатывается вниз. Талые воды, образуемые вследствие таяния снегового покрова, задерживаются водоотводящими желобами. При замерзании воды в желобе талая вода перетекает на антиобледенительное покрытие и удаляется с поверхности крыши

Из основных методов удаления сосулек и наледи с поверхности крыши можно выделить

- механические методы;
- вибрационные методы;
- использование гидрофобных покрытий;
- нагревательные методы.

Наиболее перспективными на данный момент являются системы антиобледенения, основанные на методах нагрева поверхности кровли и водостоков при помощи кабельных систем с функцией нагрева кабеля по всей длине. Различают два основных вида нагревательных кабелей: резистивные и саморегулирующиеся.

Резистивные кабели представлены в виде одножильных и двухжильных проводников. Принцип их работы основан на законе Джоуля-Ленца, то есть на явлении выделения тепла при равномерной силе электрического тока [3]. При увеличении сопротивления повышается и количество выделяемого тепла. В одножильном кабеле сама жила выступает в качестве нагревательного элемента, в двухжильном присутствует как токопроводящая, так и нагревательная жила. Преимущество применения двухжильного кабеля заключается в возможности соединения одного из его концов, что может значительно уменьшить необходимую длину. Наибольшим недостатком нагревательных элементов данного вида является невозможность изменения длины кабеля, фактически данный товар выпускается со строго определенными размерами и заранее известным сопротивлением, что создает сложности при его монтаже.



Рисунок 2 – Конструкция резистивных кабелей

Саморегулирующийся кабель состоит из двух проводников, заключённых в сердцевину из полупроводящего полимера. Данный тип сердечника позволяет изменять сопротивление кабеля в зависимости от температуры окружающей среды. При понижении температуры количество путей прохождения электрического тока через сердцевину кабеля растет, тем самым увеличивая его сопротивление и, соответственно, температуру. Это позволяет изменять уровень потребляемого тока в зависимости от внешних условий. Именно данная особенность является главным преимуществом такой кабельной системы. Кроме того, его можно нарезать на отрезки различной длины, что дает больше возможностей при монтаже систем антиобледенения.



Рисунок 3 – Конструкция саморегулирующегося кабеля

Изучая современные решения по борьбе с обледенением пространства скатных кровель, было определено, что основным отличием всех запатентованных моделей таких систем является внешний вид самой конструкции. Отличия проявляются как в вариантах расположения кабеля, так и во всевозможных дополнительных конструктивных элементах систем антиобледенения. Монтаж кабеля осуществляется в виде прямых отрезков, зигзагообразных участков, отрезков кабеля, дополнительно защищенных специальными коробами.

Рассмотрим технико-экономические показатели кабелей, применяемых для устройства таких систем. Ввиду того, что их используют не только в системах антиобледенения, существуют различные показатели мощности и максимальной температуры нагрева. При использовании кабеля для обогрева водосточков оптимальная удельная мощность составляет до 20 Вт/м, обогрев самого пространства кровли предполагает использование кабеля с удельной мощностью более 20 Вт/м [5].

Таблица 2 – Сравнение технико-экономических показателей кабелей

Марка кабеля	HEM DAS Hemstedt	ССТ 30MHT2	ССТ 20HCKT2	ССТ Freezstop	FINEGRX30- 2CR	ElthermELSR -LS-30-2-BO
Тип кабеля по количеству жил	резистивный двужильный с термодатчиком	резистивный двужильный	резистивный одножильный	саморегулирующийся	саморегулирующийся	саморегулирующийся
Мощность	30 Вт/м	30 Вт/м	20 Вт/м	30 Вт/м	30 Вт/м	30 Вт/м
Цена за 1 м	330 руб.	180 руб.	120 руб.	500 руб.	320 руб.	710 руб.
Максимальная длина секции	70 м	160 м	420 м	80 м	-	83 м

Сравнивая стоимость кабелей различных видов, можно сделать вывод, что использование одножильных кабелей для решения проблем обледенения кровель мало эффективно ввиду большой необходимой длины (фактически она в 2 раза больше, чем для других видов), кроме того, такие кабели в своем большинстве имеют меньшие показатели мощности, что ограничивает их применение. Наиболее дорогими являются саморегулируемые виды систем, однако такая стоимость компенсируется более низкими эксплуатационными затратами. Наибольший интерес вызывают двужильные резистивные кабели с термодатчиком ввиду их сравнительно невысокой стоимости.

Рассчитаем средние эксплуатационные затраты использования систем антиобледенения и проанализируем их экономическую эффективность. Примем площадь обогреваемой поверхности равным 1 м^2 и зигзагообразный метод укладки с углом 45° . Таким образом, длина кабеля на таком участке составит $1 / \cos 45^\circ = 1,41 \text{ м}$. Кроме того, система будет также иметь от 1 до 2 кабелей в пространстве водосточного желоба. Максимальная длина кабеля на таком участке составит 3,41 м. При удельной мощности 30 Вт/м, энергопотребление будет равно 102 Вт·ч. При расчете примем период, равный 90 календарным дням функционирования системы. Следует также сказать, что антиобледенительная

система работает всю зиму, но с остановками. Специальный пульт управления контролирует включение и выключение нагревательных кабелей, регулирует потребляемую мощность. Интенсивное образование наледи начинается в период суточных колебаний температуры с переходом через 0 °С [4]. Фактическое время работы системы составляет 20-40 % всего периода ее использования. Таким образом, общее энергопотребление за этот период составит 88 кВт. Так как средний тариф за электроэнергию для Брянской области равен 3,6 руб. за 1 кВт·ч [6], удельная стоимость использования системы составит 317 руб/м². Средняя ширина укладки кабеля обычно не превышает 0,5 м, соответственно, затраты на эксплуатацию одного погонного метра такой системы составят не более 160 руб.

Применение нагревательных кабелей в зимний период – одно из самых перспективных средств для борьбы с обледенением пространства кровель ввиду низких эксплуатационных затрат, автоматизированной системы управления и преимуществ перед механическими методами борьбы с обледенением. Стоимость работ по удалению снега и сосулек с края крыши бригадой альпинистов превышает 70 рублей за погонный метр. Так как необходимость проведения таких работ возникает более 1 раза в год и применение механического способа удаления снега и наледи сопряжено с риском повреждения кровельного покрытия, использование нагревательных систем наиболее целесообразно и экономически выгодно.

Список литературы

1. В Брянске на голову трехлетнему ребенку упала сосулька // НАШБРЯНСК.RU Ежедневное информационное издание. URL: <http://news.nashbryansk.ru/2018/04/01/accidents/upala-sosulka/> (дата обращения: 17.10.2018).
2. В Брянске на ребёнка и женщину с балкона упала глыба льда // Брянские новости. URL: <https://www.bragazeta.ru/news/2018/01/26/v-bryanske-na-rebenka-s-balkona-ruhnul-ledyanoy-plast/> (дата обращения: 17.10.2018).
3. Греющие кабели // Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. URL: <https://gisee.ru/articles/for-ground/815/> (дата обращения: 17.10.2018).
4. Дружинин П. В., Юрчик Е. Ю. Механизм образования наледей и сосулек на крышах домов // ТТПС. – 2012. – №19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizm-obrazovaniya-naledey-i-sosulek-na-kryshah-domov> (дата обращения: 17.10.2018).
5. Расчет примерной электрической мощности системы обогрева кровли // Группа компаний «СтройПерспектива». URL: http://220volt.su/stati/moshchnost_obogreva_krovli (дата обращения: 17.10.2018).
6. Тарифы на электроэнергию в Брянске и Брянской области // ЭнергоВОПРОС.ру. URL: <https://energovopros.ru/spravochnik/elektrosnabzhenie/tarify-na-elektroenergiju/3024/32854/> (дата обращения: 17.10.2018).

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗВОДИМЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ НА УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Башева Т.С., Шейх А.А. (ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР)

В работе изучено изменение величины валовых выбросов, поступающих в атмосферный воздух при увеличении этажности и объемов современного строительства; установлены основные источники загрязнения атмосферного воздуха; изучены существующие методики расчета валовых выбросов загрязняющих веществ; дана сравнительная характеристика объектов исследования; приведены величины вкладов загрязняющих веществ по видам работ исследуемых объектов; установлены зависимости изменения количества валовых значений выбросов от периода строительства, этажности и объема зданий.

В современном строительстве можно выделить несколько ключевых тенденций. Одна из них – это постоянный рост этажности зданий. Население планеты постоянно увеличивается. В связи с этим возникает необходимость сделать города еще более вместительными. Так как возможности добиться этой цели посредством расширения площади мегаполисов сегодня не представляется, единственным выходом остается «выращивание» многоэтажных зданий и небоскребов. Таким образом, последние годы все большую популярность набирает строительство высотных сооружений, с помощью которых удастся решить ряд задач – обеспечить жильем или офисами больше желающих и сэкономить землю, которая в условиях мегаполиса становится настоящим дефицитом [1]. Стремясь к реализации данной цели, заказчики и проектировщики строительных объектов редко задумывается о том, каким образом это скажется на состоянии окружающей среды. Необходимость изучения влияния источников строительства на уровень загрязнения городской среды обосновано так же тем, что чаще всего современные высотные здания возводятся среди уже существующих жилых домов и приносят дополнительную нагрузку на атмосферу города.

Выбор правильных технологических и организационных решений на этапах проектирования современных жилых объектов зависит от правильной оценки уровня воздействия строительства зданий большой этажности на атмосферный воздух. Для того, чтобы правильно оценить влияние процесса возведения здания на атмосферный воздух территории застройки необходимо учитывать технологию и особенности организации каждого отдельного строительства, так как возводимые жилые здания отличаются между собой конструктивными параметрами, площадью строительной площадки, объемами и продолжительностью строительства. Поэтому, *целью работы* является анализ увеличения этажности зданий и объемов строительства жилых объектов на величину валовых выбросов, поступающих в атмосферный воздух на разных стадиях строительства.

На стадии строительства основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются практически все виды работ, выполняемые на всех стадиях возведения зданий, а именно:

– выемочно-погрузочные работы;

- пересыпка пылящих материалов;
- строительно-монтажные механизмы;
- работа спецтехники;
- автотранспорт, доставляющий стройматериалы;
- пост механической обработки материалов;
- пост сварки и резки металлоконструкций;
- пост проведения покрасочных и отделочных работ [2-4].

Согласно Закон ДНР «Об охране окружающей среды» [5], «Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об охране окружающей среды» и ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» [6-7], при проектировании и строительстве новых зданий обязательно должна производиться оценка их воздействия на окружающую среду, на основании которой на весь период строительства разрабатываются мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду. О величине негативного влияния процесса строительства зданий на атмосферный воздух, на конкретной отдельно взятой территории можно судить, только лишь на основании полученных расчетным путем значений мощности выбросов и валовых выбросов загрязняющих веществ, образующихся при выполнении строительных работ на стройплощадке. Для оценки этих выбросов используют методики, в которых содержится порядок расчета выбросов, поступающих от отдельных процессов и механизмов, используемых непосредственно на строительной площадке [8-15], так как на сегодняшний день нет утвержденных методик, предназначенных для определения выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух на строительных площадках.

Методика проведения исследования.

Для анализа влияния параметров возводимых жилых зданий на уровень загрязнения атмосферного воздуха были изучены проекты строительства пяти жилых зданий, расположенных в г. Москва, находящихся в одних климатических условиях. Сравнительная характеристика исследуемых зданий приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика исследуемых объектов

Параметры	Этажность здания				
	6	8	12	15	25
Размеры в плане, м	20,5×25,1	92,8×48,8	30,8×49,4	17,0×56,7	27,6×27,6
Высота здания, м	23,78	28,92	41,00	53,57	86,50
Площадь застройки, м ²	643,4	1226,5	953,0	806,4	930,0
Площадь участка, м ²	4179	63000	11714	16125	9410
Строительный объем, м ³	17636	34328	39073	42739	62694
Время строительства, день	300	336	395	438	572

В ходе выполнения исследования на основании утвержденных на законодательном уровне методик [8-14] были рассчитаны максимально разовые и валовые выбросы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух при проведении работ по возведению жилых зданий, на исследуемых 5-ти строительных площадках.

Расчеты валовых выбросов были проведены для организованных и неорганизованных источников воздействия на атмосферный воздух. В ходе исследования были изучены следующие источники неорганизованных выбросов на строительной площадке:

- 1) работы, связанные с планировкой строительной площадки, хранением сыпучих строительных материалов (выемка грунта при рытье котлованов, траншей, бурильные работы, отсыпка площадок, например, песком, щебнем, мета хранения пылящих материалов);
- 2) различные виды сварки, резки металлоконструкций;
- 3) механическая обработка материалов;
- 4) нанесение покрытий, с использованием лакокрасочных и других, содержащих летучие компоненты материалов внутри и снаружи жилых домов, зданий, сооружений, оборудования и конструкций;
- 5) открытые емкости с нефтепродуктами и другими летучими жидкостями;
- 6) места хранения строительных материалов, и доставка на строительную площадку сыпучих материалов;
- 7) дорожно-строительные машины (бульдозеры, экскаваторы, краны, погрузчики); автомобильная техника (самосвалы, грузовые машины).

К источникам организованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на строительных объектах относятся:

1. Трубы отопительных котлов и титанов в спецвагонах, бытовых и подсобных помещениях.
 2. Трубы отопительных котлов на специальном автотранспорте.
 3. Строительный и иной специальный инструмент с использованием энергии сжигаемого жидкого топлива.
 4. Расходные емкости с цементом, известью и пористыми наполнителями.
- Результаты исследований.*

Анализ полученных расчетным путем данных, характеризующих изменение величины вкладов загрязняющих веществ по видам работ (рисунок 1-5) показал, что при строительстве всех пяти зданий наибольшее количество выбросов выделяется при работе спецтехники и составляет, соответственно, 55,22% – для 6-ти этажного здания; 75,31% – для 8-ми этажного здания; 76,53% – для 12-ти этажного здания; 79,01% – для 15-ти этажного здания и 57,70% – для 25-ти этажного здания. Наблюдается увеличение доли выбросов при работе спецтехники на 24% с ростом этажности от 6-ти до 15-ти этажей и снижение доли выбросов – при строительстве 25-ти этажного здания. Этот момент требует дополнительного изучения и возможно связан тем, что на величину валовых выбросов от спецтехники влияет набор требуемых работ на разных стадиях процесса строительства: при рытье траншей и котлованов – использование бульдозеров, тракторов, грейдеров, самосвалов; на стадии возведения надземной части – использование автобетононасосов, автобетоносмесителей, различных кранов, грузовых автомобилей для перевозки необходимых материалов; на стадии отделочных работ – грузовых автомобилей, используемых для перевозки необходимых материалов.



Рисунок 1 – Диаграмма характеризующая изменение величины вклада загрязняющих веществ по видам работ при возведении 6-ти этажного жилого здания

Рисунок 2 – Диаграмма характеризующая изменение величины вклада загрязняющих веществ по видам работ при возведении 8-ми этажного жилого здания

Рисунок 3 – Диаграмма характеризующая изменение величины вклада загрязняющих веществ по видам работ при возведении 12-ти этажного жилого здания

Рисунок 4 – Диаграмма характеризующая изменение величины вклада загрязняющих веществ по видам работ при возведении 15-ти этажного жилого здания

Рисунок 5 – Диаграмма характеризующая изменение величины вклада загрязняющих веществ по видам работ при возведении 25-ти этажного жилого здания

Второе место по уровню влияния на атмосферный воздух во всех исследуемых нами строительных производствах занимают покрасочные и отделочные работы. При этом в зависимости от этажности зданий вклад в общую долю выбросов колеблется от 12 % до 38 %. Следовательно, можно сказать, что такие виды строительных работ как отделочные, покрасочные и работа спецтехники вкладывают в общую долю загрязнений атмосферы от 67% до 90%. Остальные работы оказывают значительно меньшее воздействие на атмосферный воздух по сравнению с вышеупомянутыми работами, выполняемыми на строительных площадках.

В ходе проведения исследования были выведены экспоненциальные зависимости изменения суммарного значения валовых выбросов от объема строительства (рисунок 6), периода строительства (рисунок 7) и этажности (рисунок 8).

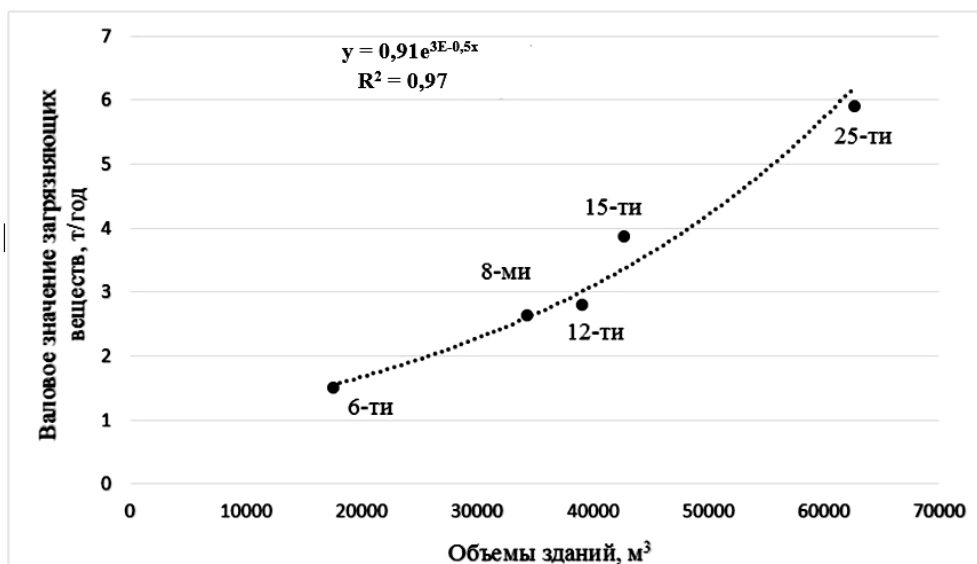


Рисунок 6 – Зависимость изменения количества валовых значений выбросов от объемов строительства

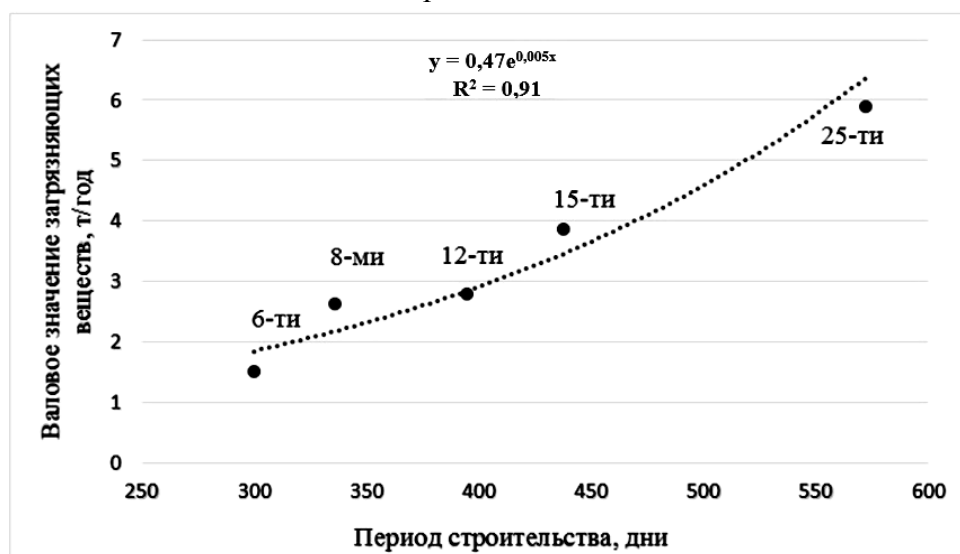


Рисунок 7 – Зависимость изменения количества валовых значений выбросов от периода строительства

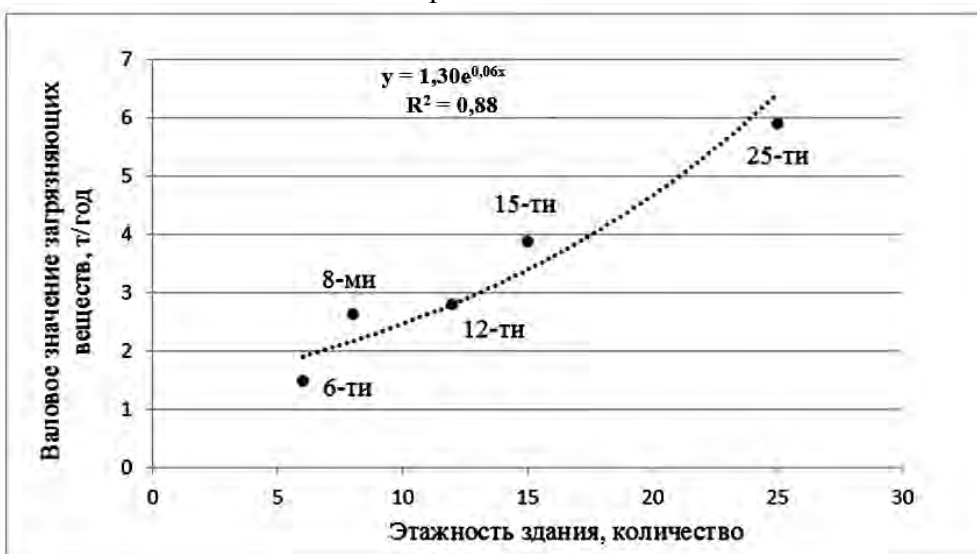


Рисунок 8 – Зависимость изменения количества валовых значений выбросов от этажности зданий

Анализ полученных данных показал, что с увеличением количества объемов строительства в 3,5 раза, при сравнении 6-ти и 25-ти этажных зданий, количество выбрасываемых загрязняющих веществ увеличится в 4 раза.

Рост этажности строящихся зданий и, как следствие, продолжительности строительных работ, также влечет за собой дополнительную нагрузку на атмосферный воздух: если сравнивать строительство 6-ти и 25-ти этажных зданий можно сделать вывод, что с увеличением продолжительности строительства в 2 раза, количество выбрасываемых загрязняющих веществ увеличится в 4 раза.

В результате выполненной работы можно сформулировать следующие выводы:

- выявлены основные источники выбросов загрязняющих веществ, образующиеся при возведении жилых зданий;
- определены суммарные валовые выбросы загрязняющих веществ по каждому из исследуемых зданий;
- в каждом из 5-ти проектов наиболее существенным загрязнителем на строительной площадке является работа спецтехники (55,22–79,01%);
- суммарные значения валовых выбросов загрязняющих веществ зависят от таких факторов, как объем строительства, период строительства и этажность зданий;
- валовый выброс выбрасываемых веществ прямо пропорционально зависит от объемов строительства, продолжительности строительства и этажности зданий.

Поскольку с увеличением количества объемов строительства в 3,5 раза, при сравнении 6-ти и 25-ти этажных зданий, количество выбрасываемых загрязняющих веществ увеличится в 4 раза, а с увеличением продолжительности строительства и этажности зданий в 2 раза, количество выбрасываемых загрязняющих веществ увеличится в 4 раза.

Список литературы

1. Блинов В.А. Адаптация высотной застройки в структуре современного города // Градостроительство: академический вестник. Екатеринбург, 2010. С. 18-24.
2. Красновский Б.М. Промышленное и гражданское строительство. М.: АСВ, 2013. С. 10–12.
3. The control of dust and emissions from construction and demolition projects / Control of Dust and Emissions from Construction and Demolition Projects, 2011. P. 21.
4. Башевая Т.С., Шейх А.А. Оценка уровня воздействия на атмосферный воздух процесса возведения зданий // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: материалы XII Международной конференции аспирантов и студентов. Донецк. 2018. С. 9-11.
5. Об охране окружающей среды: Закон ДНР от 30.04.2015 г. № 38-ІНС. 2015. 68 с.

6. Об охране окружающей среды: Федер. закон от 10.01.2002 г. N 7-ФЗ (ред. от 29.07.2017). 2002. 84 с.

7. Об охране атмосферного воздуха: Федер. закон от 04.05.1999 г. N 96-ФЗ (ред. от 28.12.2017). 1999. 24 с.

8. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб.: НИИ Атмосфера, 2005. 166 с.

9. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (на основе удельных показателей). СПб.: НИИ Атмосфера, 2015. 37 с.

10. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов (на основе удельных показателей). СПб.: НИИ Атмосфера, 2015. 32 с.

11. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (на основе удельных показателей). СПб.: НИИ Атмосфера, 2015. 37 с.

12. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). М., 1998. 45 с.

13. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом). М., 1998. 65 с.

14. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для авторемонтных предприятий (расчетным методом). М., 1998. 67 с.

О ПОВЫШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Веремьева С.М., Козлова А.А., Викторов Д.А. (БГИТА, г. Брянск, РФ)

Рассмотрена актуальность строительства в Российской Федерации объектов, обладающих повышенными характеристиками тепловой защиты и энергетической эффективности. Предложены пути повышения энергоэффективности зданий, позволяющие сократить тепловые потери с помощью энергосберегающих конструктивных решений и новых материалов с повышенным сопротивлением теплопередаче.

Энергоресурсосбережение – важнейшая задача XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан. Для России вопросы энергосбережения имеют особую актуальность. По климатическим условиям затраты топливно-энергетических ресурсов в РФ достаточно высоки – средний показатель по расходу энергии значительно превышает в 1,5-3 раза, чем в развитых странах [1]. Низкая эффективность энергопотребления в нашей стране обусловлена устаревшим подходом к управлению спросом на энергию и контролю ее

расходования. В строительной отрасли наиболее ярко проявляется данный расточительный характер использования ресурсов, обусловленный их дешевизной и мнимой неисчерпаемостью запасов.

Основные причины нецелесообразного использования тепловой энергии в строительстве:

- недостаточная теплоизоляция ограждающих конструкций;
- несовершенство нерегулируемых систем естественной вентиляции;
- недостатки архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерных решений;
- устаревшие системы отопления и водоснабжения.

В настоящее время актуальной задачей в области строительства является сокращение расходов топливно-энергетических ресурсов и повышение уровня тепловой защиты зданий. Основными методами ресурсосбережения становятся улучшение тепловой защиты зданий, совершенствование учета и регулирования теплоты в системах отопления и вентиляции с использованием рекуперации и применение более рациональных объемно-планировочных решений при проектировании и строительстве жилых и общественных зданий. Поэтому для архитектурно-строительного проектирования возникает необходимость создания зданий, в которых эффективно используются энергетические и материальные ресурсы для обеспечения комфортного микроклимата в помещениях [2].

Итак, для минимизации теплоэнергетических потерь используют различные методы повышения энергоэффективности здания:

- повышение теплозащиты зданий;
- увеличение эффективности подачи теплоты, в том числе с помощью авторегулируемой системы отопления;
- усовершенствование систем вентиляций.

При применении более эффективного утеплителя и технических решений по повышению теплотехнической однородности конструкции за счет снижения влияния теплопроводных включений достигается повышением сопротивления теплопередачи светонепрозрачных конструкций. Для обеспечения требуемых норм внешние стены зданий возводят многослойными, которые состоят из несущего и теплоизоляционного слоя. Размещение теплоизоляционного материала с наружной стороны ограждающей конструкции дает максимальное снижение тепловых потерь.

На данный момент существует большое количество видов как уже апробированных, так и инновационных теплоизоляционных материалов (таблица 1). Основные критерии выбора того или иного утеплителя – ценовая доступность, экологическая чистота и эффективность [3].

Значительная часть теплотерь через ограждающие конструкции происходит через окна. Наиболее часто встречаются такие методы повышения энергоэффективности оконных конструкций:

- переход на стеклопакеты с тремя и более камерами;
- наполнение стеклопакетов инертными газами;
- применение термопленки (рисунки 1).

Таблица 1 – Виды современных теплоизоляционных материалов

Вид теплоизоляционных материалов	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·°С	Описание, принцип действия
Полимерные материалы с теплоотражающей поверхностью (фольгированный пенополиэтилен, утеплитель PIR и др.)	0,005-0,030	Теплоизоляторы, действующие по принципу термоса – благодаря своей конфигурации не только плохо пропускают, но и отражают теплоту. Кроме того, не впитывают влагу, не горят и не распространяют пламя, не подвержены гниению, устойчивы к плесени и грибку, а также не теряют свои функции все время срока службы здания
Минеральные волокнистые материалы (теплолен, эковата и др.)	0,030-0,090	В качестве теплоизолятора выступает воздух, содержащийся в пустотах, заключенный между волокнами, составляющие 95% от общего объема материала
Современные вариации фибролита	0,080-0,100	Усовершенствованный фибролит позволяет сохранять оптимальный температурный режим, поскольку обладает способностью удерживать теплоту, что обусловлено входящими в состав древесными волокнами

Чтобы создать комфортные условия в здании, используют системы отопления с автоматическим регулированием. Такая технология применяется для подачи теплоты в системы отопления из тепловой сети в индивидуальный тепловой пункт или в автоматический узел управления системой отопления при подключении через центровые тепловые пункты, которые оптимизируют работу при подаче теплоты на отопление и экономят энергию при обеспечении оптимальных условий в помещении.

Задача совершенствования системы вентиляции состоит в обеспечении теплового комфорта для проживания в условиях герметичности зданий, а также уменьшение расхода теплоты на подогрев инфильтрующегося воздуха. В большинстве жилых зданий предусмотрена система вентиляции с естественной циркуляцией воздуха, работа которой осуществляется за счет естественной тяги, возникающей в результате разницы давлений и температур.

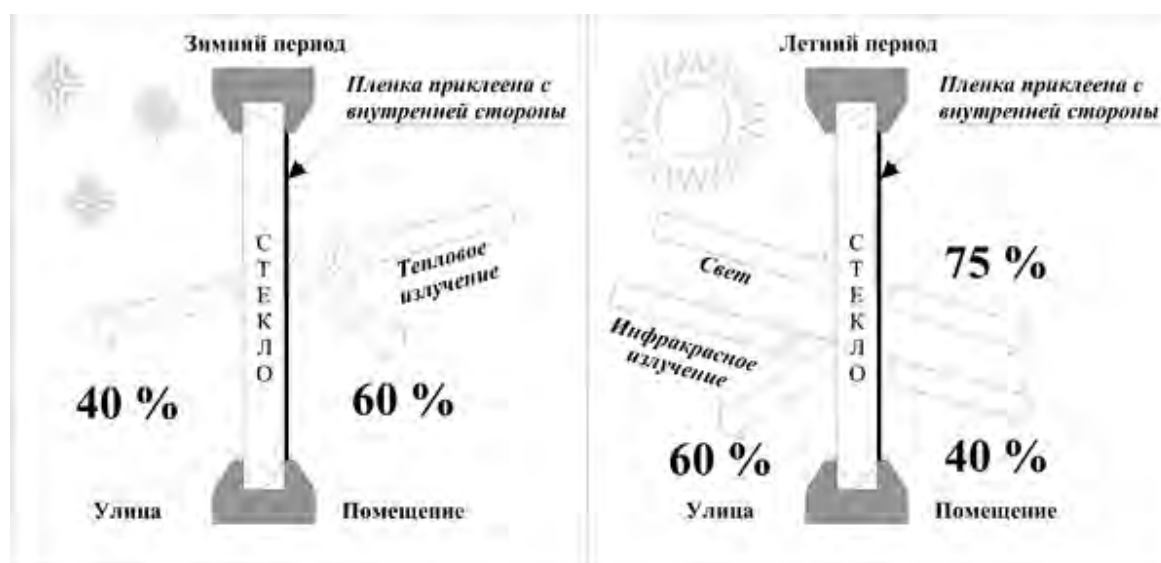


Рисунок 1 – Принцип действия теплоотражающего покрытия

С вентиляционным воздухом из помещения уходит от 30 до 75 % теплоты, что является недостатком естественной вентиляции и не соответствует современным требованиям. На данный момент самым эффективным вариантом устройства воздухообмена в помещениях является оборудование приточно-вытяжной вентиляционной системы с рекуперацией воздуха (рисунок 2). Принцип действия приточно-вытяжной установки с рекуперацией теплоты утилизируемого воздуха состоит в том, что нагретый воздух проходит через теплообменник, где передает часть теплоты входящему потоку. Потери энергии снижаются до 80 % [2].

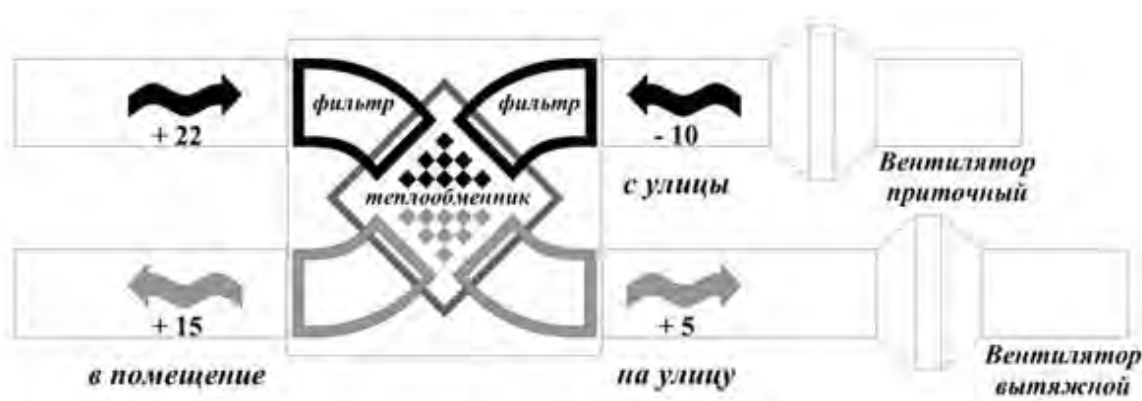


Рисунок 2 – Принцип действия приточно-вытяжной вентиляционной системы с рекуперацией воздуха

Вышеперечисленные методы не только помогают сократить потерю тепловой энергии, но и снизить финансовые расходы на потребление энергии. Хотя стоимость энергоэффективных зданий выше, но окупаются они в течение нескольких лет [4] (рисунок 3).



Рисунок 3 – Потенциал энергосбережения зданий

В России проектирование и строительство энергоэффективных домов все еще находятся в стадии эксперимента. Например, «Активный дом» – международный экспериментальный проект 2011 года, реализуемый совместными усилиями российской компании «Загородный Проект» и датской компании VELUX. Дом построен на территории пригорода «Западная долина» в 20 км от МКАД про Киевскому шоссе. Это первый проект, сертифицированный по разрабатываемому российскому «Зеленому стандарту» строительства. На объекте реализованы инновационные технологии: достижение баланса между энергосбережением, комфортным микроклиматом для жильцов, бережным отношением к природе и эстетикой. Стоимость двухэтажного коттеджа площадью 200 м² составила около 40 млн. руб., что в три раза дороже стоимости соседних коттеджей сравнимой площади. Но затраты на отопление и горячее водоснабжение за год меньше почти в 2 раза. Такой дом – доказательство того, что активные дома пригодны для эксплуатации в России [5].

Заключение

Потенциал теплоэнергосбережения в РФ огромен, но будущее стоит за использованием новых энергоэффективных технологий. В строительной сфере главным фактором станет обеспечение минимальных теплопотерь в зданиях с помощью разработки и использования энергоэкономичных конструктивных решений и новых материалов с повышенным сопротивлением теплопередаче.

Развитие конструктивных систем, строительных материалов и оборудования будет происходить по новым направлениям, которые будут удовлетворять требованиям энергосбережения, экологической безопасности, технологичности, малой трудоемкости возведения и экономичности.

Литература

1. Мазурова О. В. Оценка влияния новых технологий на снижение энергоемкости промышленности // Технические науки в России и за рубежом: м-лы междунар. науч. конф. – М.: Ваш полиграфический партнер, 2011. – С. 58-65.
2. Учинина Т.В., Бабичева Н.В. Обзор методов повышения энергоэффективности жилых зданий // Молодой ученый. – 2017. – № 10. – С. 101-105.
3. Ахременко С.А., Викторов Д.А. Энергосберегающие инженерные решения при реконструкции жилых домов / Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: матер. 1-й междунар. науч.-практ. конф. в 2-х томах. – Брянск, 2009. – Т.2. – С. 7-11.
4. Грахов В.П., Мохначев С.А., Егорова В.Г. Энергоэффективность энергосберегающих мероприятий в жилищном строительстве // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20382> (дата обращения: 9.10.2018).
5. Казанцев П.А. Энергоэффективные жилые дома. – URL: <http://valdek.ru/about-the-technology/energy-efficiency/> (дата обращения: 11.10.2018).

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И УДАЛЕНИЯ КАРБОНАТКАЛЬЦИЕВОГО ОТЛОЖЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЯХ НАГРЕВА

Головатенко Е.Л. (ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР)

Описаны причины накипеобразования на поверхностях нагрева, которые приводят к снижению эффективности и практическим неудобствам. Рассмотрены направления предотвращения отложений. Представлены формулы образования карбонатно-кальциевых отложений. Представлены графики зависимостей образования накипи от различных факторов. Проанализированы методы предотвращения и удаления накипи с теплообменного оборудования.

Эксплуатация теплоэнергосетей связана с наличием рисков, обусловленных отложением солей на поверхностях нагрева. Это приводит к перегреву поверхности труб и их механическому разрушению. Основная причина отложений – смещение карбонатно-кальциевого равновесия при подогреве воды. Кроме смещения равновесия в сторону образования карбоната кальция образуются щелочные компоненты, например, при упаривании натрий-катионированной воды, последнее вызывает щелочную хрупкость металла. Учитывая высокие давления и температуры в пароводяном пространстве разрушение металла создает опасные (критические) ситуации при эксплуатации теплосилового хозяйства.

Для предотвращения отложений существует несколько направлений:

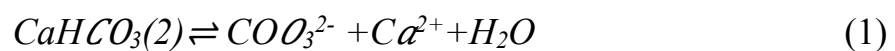
1. Умягчение воды в натрий-катионитных фильтрах. Это направление сопряжено с опасностью каустической хрупкости и ухудшение экологической ситуации в результате сброса засоленных стоков.

2. Применение присадки фосфоновых кислот. Это направление сопряжено со сбросом экологически опасных продуктов в окружающую среду.

3. Применение подкисления воды. Это направление сопряжено с опасностью возникновения коррозионных процессов.

Как видно из указанных данных все направления борьбы с увеличенными рисками имеют свои недостатки.

Наиболее устойчивой морфологической формой карбоната кальция является кальцит. Он образ по следующей реакции:



Произведение растворимости, определяется как:

$$ПР = \{Ca^{2+}\} \cdot \{CO_3^{2-}\} / \{CaCO_3(2)\} \quad (2)$$

Для определения растворимости образования кальцита можно прогнозировать, используя произведение фактической концентрации двух ионов.

$$ПК = [Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] \quad (3)$$

Если произведение концентрации имеет меньшее значение, чем константа растворимости, в растворе не должно быть осадков. В другом случае, когда произведение концентрации больше, чем константа растворимости, должно произойти осаждение. Стоит отметить, что информацию о скорости осаждения нельзя определить с помощью этого уравнения. Информация о скорости растворения и образования может быть объяснена только кинетическими испытаниями и термодинамическим моделированием [1].

Величина произведения растворимости зависит от температуры и описывается эмпирической формулой

$$-\log(PP)=+171,9065+0,077993 \cdot T-2839,319T-71,595 \cdot \log(T) \quad (4)$$

Связанный карбонат кальция поступает в раствор в виде двуокиси углерода, угольной кислоты, гидрокарбоната и карбоната.



В отличие от большинства равновесных систем, содержащих возможность осаждения, в которых существует возможность образования степень осаждения в системе карбоната кальция снижается с понижением температуры. Таким образом растворимость кальцита увеличивается при более низкой температуре. При этом ПР имеет большое значение. Этот эффект можно объяснить растворимостью двуокиси углерода, что, в свою очередь, влияет на растворимость кальцита.



Растворимость диоксида углерода уменьшается с увеличением температуры, а в случае снижения температуры, концентрация угольной кислоты будет возрастать. Это приводит к снижению pH, что, в свою очередь, приводит к уменьшению степени осаждения [2].

Повышение pH в основном способствует увеличению доли карбонатов в уголекислотном равновесии (рисунок 1).

Увеличение pH приводит к увеличению концентрации карбоната, что увеличивает вероятность осаждения карбоната кальция. По существу, желательно снизить pH, чтобы свести к минимуму эту концентрацию, чтобы избежать накопления [3]. Дробная концентрация трех видов неорганических углеродных форм представлена на рисунке 2.

При значении pH от 6,5 до 9, основными формами в системе являются бикарбонат и в меньшей степени угольная кислота. Влияние давления можно наблюдать в местах образования осадка на трубах конденсаторов. Образование накипи может быть вызвано или, по крайней мере, благоприятствует изменениями давления [4].

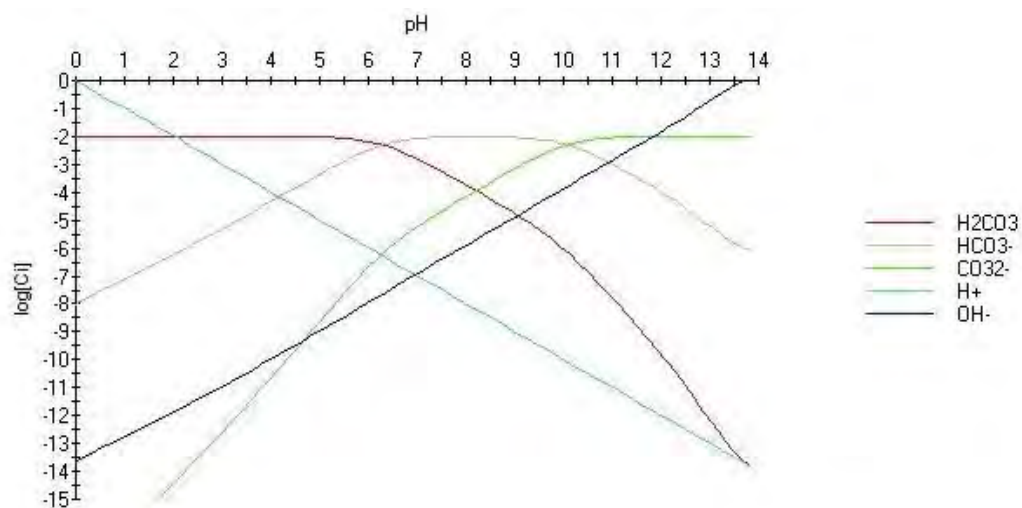


Рисунок 1 – Влияние pH на равновесной форме углерода

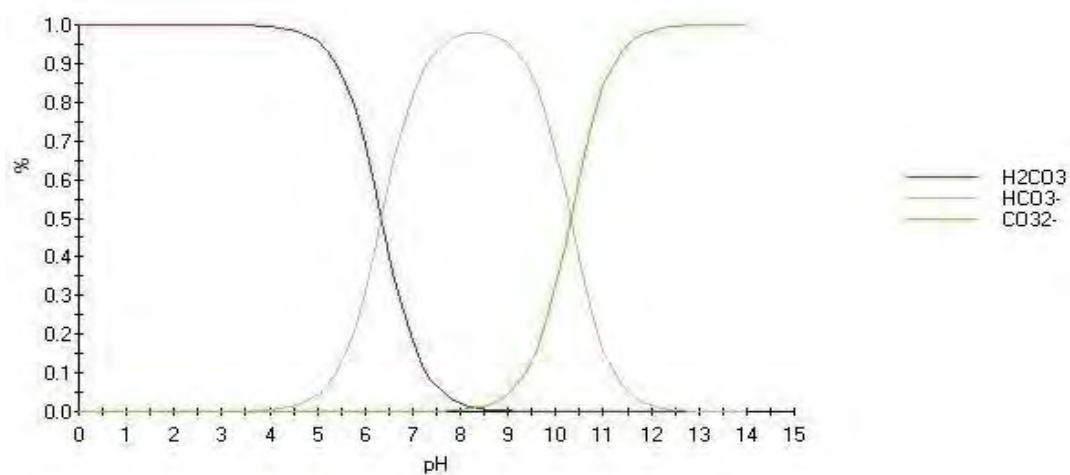


Рисунок 2 – Зависимость изменения форм связанного углерода от pH при добавлении углекислого газа

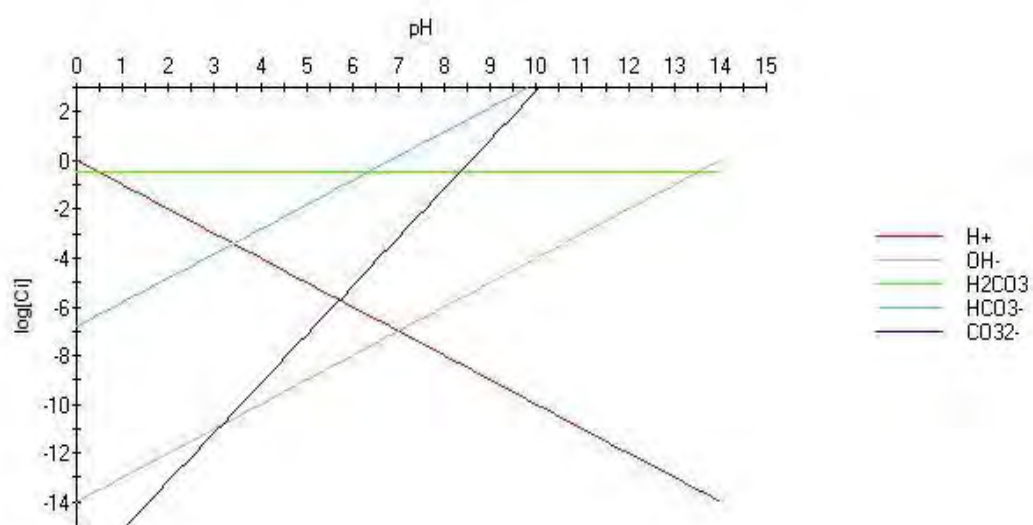


Рисунок 3 – Зависимость углеродных видов от pH от воздействия углекислого газа

Во время изменения давления диоксид углерода вытесняется из водного раствора, что приводит к повышению рН в соответствии с реакцией (5) - (7). Растворимость кальцита резко возрастает с увеличением рН, что создает благоприятные условия для накипобразования.

рН также зависит от присутствия диоксида углерода (рисунок 3).

При попытке удалить накипь с помощью химических веществ важно использовать наиболее экономически приемлемые технологии. Эти способы являются предпочтительными, когда накипь недоступна и когда необходимо минимизировать повреждение оборудования. Среди основных химических методов является использование комплексонов, которые функционируют путем связывания с ионами металла, что приводит к разрушению накипи [5].

Другим способом устранения накипи является использование механических методов, которые очень полезны в тех случаях, когда поврежденные области доступны физически. Важным аспектом, который следует учитывать при использовании механических методов, является потенциальный ущерб пострадавшим поверхностям, такие методы, как удаление накипи взрывчаткой, могут привести к повреждению и могут уничтожить нежелательный материал при неправильном использовании [6].

Другие методы включают использование абразивной струи воды, которая может содержать твердые частицы, тем самым удаляя накипь и, к сожалению, повреждая трубу, если она не была должным образом развернута. Эти виды методов, естественно, более полезны при использовании в отраслях, имеющих устойчивое оборудование [7].

В большинстве случаев экономически более эффективно предотвращать образование накипи вместо ее удаления, когда эффекты оказываются вредными для процесса.

Список литературы

1. Кухно А.В. Ресурсо- и энергосберегающие методы водоподготовки и очистки систем теплоснабжения. Научно-практический семинар. – Казань. КГУ им. В. И. Ленина. - 2004. с.58-69.
2. Терехин С. Н., Маклакова В.П., Бихман Б.И.// Защита металлов. - 1990. т. 26. № 5- С.805-810.
3. Балабан-Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубашов А.М. // Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1999 - 248 с.
4. Комплексоны и комплексоны металлов // Н.М.Дятлова, В.Я.Темкина, К.И.Попов. – М.: Химия, 1988, 544 с.
5. О схемах подготовки воды для систем тепловодоснабжения // Щелоков Я.М. - Промышленная энергетика. 1991 №1. с. 13-14.
6. S. Muryanto et. al, Calcium carbonate scale formation in pipes: effect of flow rates, temperature, and malic acid as additives on the mass and morphology of the scale, 2013
7. Klepetsanis P.G., P.G. Koutsoukos and Z. Amjad, 2000, Water Soluble Polymers: The inhibition of Calcium Carbonate Formation by Copolymers containing Maleic Acid, Eds. Z. Amjad, Plenum Publishers, New York.

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА В ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Голотина И.А., Сергеева Н.Д. (БГИТУ, Брянск, РФ)

В настоящее время создание объектов озеленения и благоустройства (парки, скверы, озеленение промзон, вертикальное озеленение зданий) дорогостоящее и протяженное по времени. Это объясняется, в частности слабой обеспеченностью реального производства проектной документацией по причине отсутствия рекомендации и методологии подготовки ПОС и ППР. На практике организация работ сопровождается подготовкой технического задания и проекта озеленения. Поэтому рассматриваемая тема весьма актуальна.

Экологическая ситуация нечерноземных зон, в частности Брянской обл. сложная. Кроме того, урбанизация и рост числа легковых автомобилей населения привел к росту концентрации тяжелых металлов и токсичных элементов в воздухе. Нормы озеленения городской территории составляют менее 6 м² зеленых насаждений общего пользования на человека для таких городов как г. Брянск и 7 м² – для малых районных центров Брянской области. В настоящее время эти нормы отменены ввиду невозможности их выполнения. Плотность застройки становится настолько высокой, что стандартные решения по озеленению и благоустройству становятся попросту неактуальны, возникает необходимость изобретения новых методов улучшения экологической ситуации. Таким методом выступает вертикальное озеленение строений.

Благодаря многообразию видов используемых растений, становится возможным создание красочных и ярких композиций, которые не только вносят краски в серость городского пейзажа, но и не отнимают площади городского пространства.

В городском хозяйстве работы по озеленению и благоустройству осуществляют малые и средние предприятия разных форм собственности, но в основном это предприятия, «осваивающие бюджет», которого катастрофически не хватает. Поэтому при благоустройстве территорий в городском хозяйстве проводятся минимально необходимые мероприятия, в список которых никогда не входят озеленение строений. Что неблагоприятно сказывается на социально-экологической среде городов, поскольку сокращаются внутридворовые озелененные территории, концентрация легкового транспорта постоянно возрастает, также ситуацию усугубляет наличие точечной застройки.

В реальном производстве организация работ при создании объектов благоустройства и озеленения базируется на таких документах как:

- проект архитектурного дизайна;
- дендрологический план посадок зеленых насаждений;
- смета расходов.



Рисунок 1 – Вертикальное озеленение здания Hotel Department Hauts

Что свидетельствует о нерациональности выбранных решений и соответственно избыточности финансовых издержек и затрат времени для создания объектов озеленения и благоустройства, что связано с отсутствием проектной документации. В настоящее время проектирование и организация строительства объектов благоустройства и озеленения фактически отдано на усмотрение производителя работ, и никто не осуществляет подсчет экономических потерь.

Данная ситуация усугубляется тем, что у организаций, осуществляющих озеленение и благоустройство в городском хозяйстве отсутствует стимул к развитию и оптимизации структуры затрат, так как они работают на бюджетном финансировании и прибыль самих организации не зависит от экономического эффекта. Проблема усугублена еще и тем, что как показали исследования на данных работах низкий уровень механовооруженности (не превышает 12%).

Именно для устранения этих недостатков на предприятиях отрасли возникает необходимость включения в практику производственной деятельности методологии разработки проектов благоустройства и озеленения в соответствии с экологическими аспектами, включающие программы для проектирования архитектурно-строительных конструкций и решений по выбору элементов ландшафтного дизайна ArchiCAD, а также программы оптимизационного расчета ПОС и ППР на объекты озеленения и благоустройства.

Для сферы городского хозяйства вопросы оптимизации трудозатрат и механизации труда находятся еще на стадии постановки, поскольку в отличие от сферы общегражданского строительства для выполнения технологических процессов проектная документация (ПОС И ППР), фактически не разрабатывается и обязательным к началу работ является наличие проекта озеленения, смета и сроки (то есть наличие тех. задания).

Для оптимизации деятельности производителей работ необходимо обеспечить не только проектной документацией на производство работ, но и инструментарием оперативного выбора оптимального управленческого решения в случаях изменения производственной ситуации (отсутствия в наличии конкретных по ППР машин, состояние грунтов, и др.).

Организационно-технологическое проектирование строительно-озеленительных работ для повышения эффективности и повышения уровня организационно-технологической подготовки производств требует совершенствования и предусматривает:

- разработку методологии организационно-технологической проектирования;
- использование методов и информационных технологий моделирования и исследования условий и параметров объектов озеленения с целью определения текущих значений технико-экономических параметров, мониторинга динамики их изменения;
- включения этих методов и моделей в состав информационных технологий организации производства работ на объекты магистрального озеленения.

В то же время для повышения экономической эффективности выполнения технологических процессов необходима организация работ в рамках комплексной механизации и снижения доли ручного труда требуется решение многих сложных научных и инженерных проблем:

- завершение механизации трудоемких работ;
- совершенствование системы машин;
- повышение коэффициента использования техники;
- повышение эксплуатационной надежности и долговечности машин;
- планирование и оптимизация работ, требующих ручного труда;
- увеличение производительности оборудования;
- увеличение производительности рабочих;
- разработка методики прогнозирования эффективности применения нового оборудования и машин и др.

Методология проектирования комплексно-механизированных технологических процессов производства земляных работ на объектах озеленения в настоящее время ориентирована на использование современных методов создания принципиально новой и совершенствования существующей техники; методов оценки экономической эффективности и прогнозирования; развития комплексной механизации и автоматизации, направлений по сокращению эксплуатационных затрат и изменению методов ремонта техники.

Исследование и внедрение инновационных строительных технологий включают в себя решение задач моделирования, вариантного проектирования, комбинаторики технологических комплексов и др.

Системный подход означает не только целостную разработку технологической части объекта озеленения, но и поиск организационно-технических решений, а также проектирование управления технологическим процессом по трудоемкости и календарному графику. На всех этих этапах учитывается специфика внешней среды (например, сезонность, грунтовые условия, влажность, прочность и др.) и осуществляется экономический анализ вариантов по системе показателей.

Ввиду отсутствия рекомендации и методологии подготовки ПОС и ППР реальное производство работ по созданию объектов озеленения и благоустройства в городском хозяйстве слабо обеспечено проектной документацией, из-за чего при создании таких объектов как парки, скверы, объекты озеленения промзон, вертикальное озеленение зданий существенно увеличивается продолжительность и стоимость работ.

Список литературы

1. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* [Текст]: введен 20.05.2011г.; нормативно-технический материал. – М.: Минрегион России, 2011 год. – 84 с.
2. СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]: введен 01.01.1990г.; нормативно-технический материал. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2002 год. – 72 с.
3. Сергеева Н.Д., Цыганков В.В. Методология организационно-технологической подготовки на объектах примагистрального шумозащитного озеленения: Монография – Брянск, БГИТУ, 2018 – 146 с.
4. Wallplant – новая эра в озеленении [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <https://wallplant.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0025/25284.4evgcgiq82.pdf>

К ВОПРОСУ О СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Горюнова Е.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье приведены основные положения по применению централизованных систем теплоснабжения, обозначены перспективы их применения в современных условиях, оценка энергоэффективности и пути ее повышения за счет применения средств автоматического регулирования.

Российская Федерация является страной с суровыми климатическими условиями. Отопительный период в большинстве регионов длится более 200 суток при средней температуре ниже – 5 градусов Цельсия. В северной строительно-климатической зоне, которая занимает почти половину всей территории нашей страны, характеристики отопительного периода еще более жестче (например, для Иркутска – 239 суток и – 12,5, для Якутска – 262 дня и – 23,5). В таких условиях поддерживать в зданиях параметры микроклимата, приемлемые для нормальной жизнедеятельности, достаточно проблематично. Для нужд теплоснабжения зданий приходится сжигать не менее 35 процентов всего добываемого в стране топлива, что составляет 650 млн тонн условного топлива. Его рациональному использованию способствуют системы центрального теплоснабжения, активно распространенные в крупных городах РФ с высокой концентрацией плотностью населения.

Уже более ста лет в России применяются системы центрального теплоснабжения. По уровню распространенности наша страна занимает лидирующее положение как в Европе, так и в мире. По масштабности здесь держат пальму первенства Соединенные Штаты Америки. Итак, система центрального теплоснабжения включает в себя источник тепловой энергии (тепловые станции, ТЭЦ, районные котельные), трубопроводы тепловых сетей (как часть инженерных сетей, выполненные из различных материалов, теплоизоляторов, имеющие определенные способы прокладки) и пункты трансформации тепловой энергии и ее распределения между потребителями (абонентами). Помимо разновидностей и индивидуальных особенностей источников тепловой энергии, системы центрального теплоснабжения классифицируют по виду теплоносителя, способу присоединения внутренних сетей горячего водоснабжения и количеству труб для дальнейшей транспортировки теплоносителя. Горячая вода служит основным видом теплоносителя в системах центрального теплоснабжения. Практически не находит применения в качестве теплоносителя водяной пар. Хотя в исключительных случаях при теплоснабжении промышленных предприятий он находит применение, когда для технологических нужд подается одновременно. В зависимости от выбора способа присоединения к тепловым сетям систем горячего водоснабжения централизованное теплоснабжение реализуется преимущественно по закрытой схеме (рисунок 1). Принцип таков: водопроводная вода нагревается в специализированных подогревателях теплоносителем системы теплоснабжения. Допустимо применение и открытой схемы (рисунок 2). Она осуществляется по такому

варианту: вода для целей горячего водоснабжения поступает непосредственно из тепловых сетей. Хотя открытые системы и имеют ряд существенных недостатков, они все же функционируют в отдельных городах Российской Федерации.

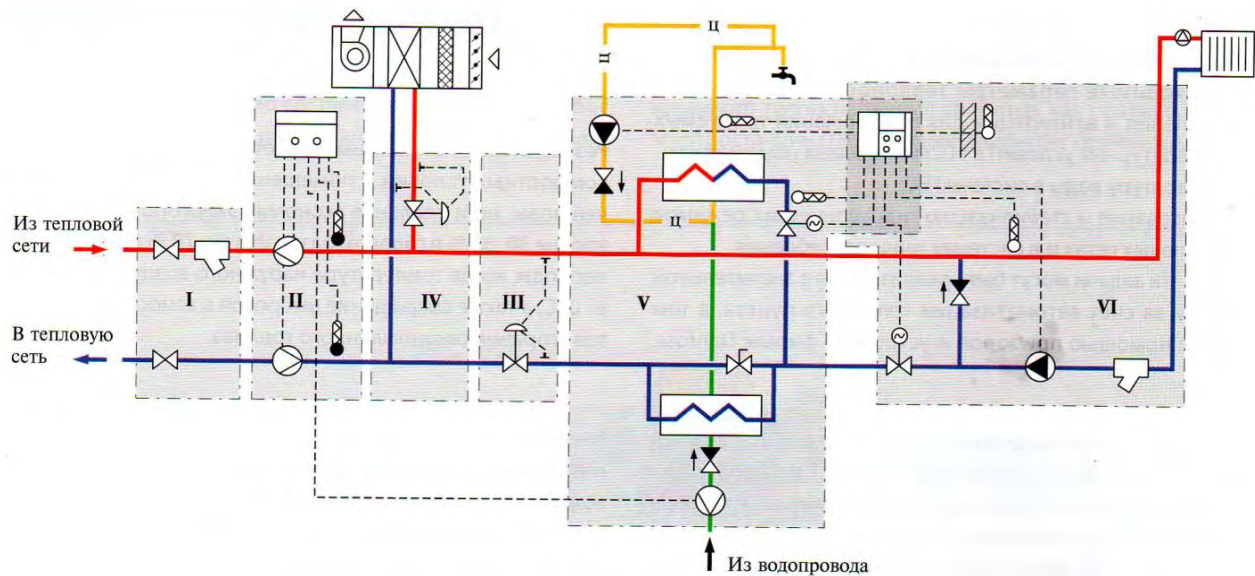


Рисунок 1 – Автоматизация теплового пункта при закрытой системе теплоснабжения

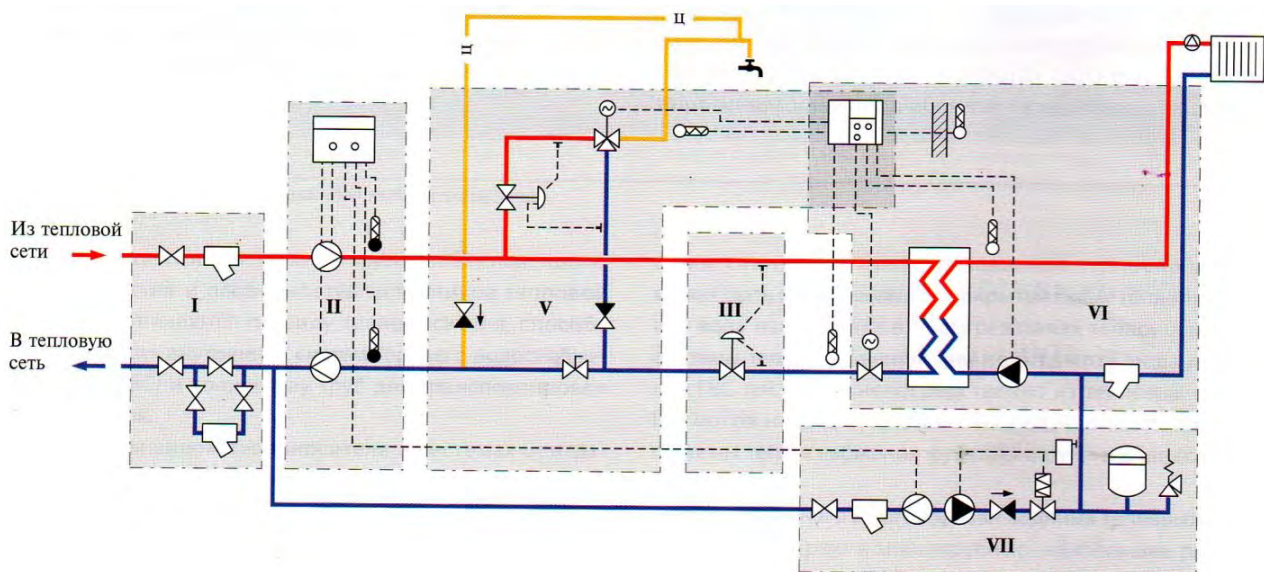


Рисунок 2 – Автоматизация теплового пункта при открытой системе теплоснабжения

- I – узел ввода тепловой сети; II – узел учета теплотребления;
 III – узел согласования давлений; IV – узел присоединения систем вентиляции;
 V – узел присоединения систем ГВС; VI – узел присоединения систем отопления;
 VII – узел подпитки присоединенных систем теплотребления

Из существующей диверсификации водяных тепловых сетей, которые могут быть однотрубными, двухтрубными, трех- и многотрубными, широкое применение находят двухтрубные тепловые сети. Двухтрубная система может быть любой конфигурации: с вертикальными стояками при верхнем или нижнем расположении магистралей, с горизонтальными ветвями при периметральной или лучевой разводке трубопроводов от поэтажных распределительных коллекторов

до радиаторов. К ним для каждого из видов абонентов (горячее водоснабжение, вентиляция и кондиционирование воздуха, отопительные системы) условно можно отнести многотрубные, которые прокладывают в ряде поселений (в том числе городов) центральных тепловых пунктов к отдельным зданиям. Вот почему доминирующими при проектировке являются закрытые и открытые водяные системы центрального теплоснабжения зданий с двухтрубными тепловыми сетями. При двухтрубной системе каждый отопительный прибор самостоятельно присоединен к подающему и обратному разводящим трубопроводам системы. В данной системе любое вмешательство в один из приборов отопления (открытие или закрытие регулирующего клапана, наращивание поверхности нагрева радиатора) не сказывается на работе других приборов. В результате двухтрубная система является наиболее совершенной в плане автоматического регулирования и унификации отопительных приборов. Еще одним капитальным элементом систем центрального теплоснабжения назначается тепловой пункт, который может быть индивидуальный или центральный. В нем реализуется связь между потребителями тепловой энергии и тепловыми сетями. Прием теплоносителя осуществляет тепловой пункт, затем происходит его реформация, и, наконец, распределение между потребителями. Происходит также учет теплопотребления. При этом возможно автоматическое регулирование, которое способно обеспечить следующие показатели. Обеспечиваются необходимые параметры теплоносителя в системах отопления и вентиляции для поддержания температурных условий, обеспечивающих санитарно – гигиенические требования, в обслуживаемых помещениях. Достигается согласование и стабилизация гидравлических режимов в системах теплопотребления и в тепловых сетях. В системах горячего водоснабжения поддерживается регламентированная температура. Данные задачи с высокой степенью точности могут быть реализованы за счет автоматизации теплового пункта, с применением специализированных приборов и устройств. К таким можно отнести радиаторные терморегуляторы для систем отопления зданий, стальные запорные шаровые краны, пластинчатые теплообменники, приборы учета теплопотребления, теплопроводная аппаратура. Данные установки допустимы к применению для регулировки ряда параметров пара, что говорит об универсальности. Автоматика может быть реализована на базе регуляторов температуры прямого действия (без использования дополнительной энергии) или с помощью электронных регуляторов температуры горячей воды. При закрытой системе теплоснабжения используют проходные регулирующие клапаны с электроприводом, установленном на водоподогревателях в контуре греющего теплоносителя. В открытой системе теплоснабжения применяются проходные регулирующие клапаны и трехходовые смесительные клапаны, подающие воду в систему горячего водоснабжения в разной пропорции из подающего и обратного трубопроводов системы теплоснабжения. При теплоснабжении вентиляционных установок применяется автоматизация узлов присоединения при необходимости снижения параметров теплоносителя и регулирования их по температуре наружного воздуха. К тому же возможна диспетчеризация тепловых пунктов путем оснащения их электронными устройствами, такими как контроллеры, вычислители теплосчетчиков, системы индивидуального учета, к тому же

имеются интерфейсы, дополнительные программные и аппаратные средства для дистанционного доступа по сетям со стороны диспетчерского оборудования. При диспетчеризации тепловых пунктов может использоваться программное обеспечение и аппаратура верхнего уровня от произвольного производителя благодаря максимальному использованию открытых стандартов. При компоновке шкафа управления тепловым пунктом, включающим силовую часть и имеющий единый интерфейс, используются автоматизированные модули. Например, все оборудование электроавтоматики, включая контроллеры и силовые компоненты, монтируется в едином шкафу. В шкафах реализуется весь набор функций ручного и автоматического управления тепловым пунктом и подключение к цифровой сети системы диспетчеризации. Для доставки и пропуски теплоносителя в бескавитационном и бесшумном режиме производится подбор регулирующих клапанов, обеспечивающих требуемое качество и точность регулировки в совокупности с исполнительными устройствами и регулирующими приборами. При этом обеспечивается расчетная пропускная способность, расчетный расход теплоносителя, расчетный перепад давлений.

В результате обеспечиваются не только комфортные условия в помещениях и параметры горячей воды, но и достигается значительная (на уровне до 40% в годовом разрезе) экономия энергопотребления. А если брать в расчет переходные периоды, когда температура наружного воздуха превышает 0 градусов Цельсия, то энергоэффективность колеблется в интервале 50% – 75%. Как известно, текущий год объявлен годом экологии в России. И в злободневном экологическом аспекте важен тот факт, что сокращаются выбросы продуктов сгорания сэкономленного топлива в атмосферу.

Список литературы

1. Колесников А.Н., Федоров М.Н., Варфоломеев М.Ю. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях. – М.: ИНФРА-М, 2005.
2. Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. – М.: Энергоатомиздат, 2011.
3. Фаликов В.С. Автоматизация тепловых пунктов – М.: Энергоатомиздат, 2013.
4. Мухин О.А. Автоматизация систем теплоснабжения и вентиляции – М.: Стройиздат, 2010.
5. Применение средств автоматизации Danfos в тепловых пунктах систем централизованного теплоснабжения зданий. Пособие – М.: Данфос, 2008.

К ВОПРОСУ О ПРОБЛЕМАХ И НАПРАВЛЕНИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА КРОВЕЛЬ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Гурбатов Р. И., Сергеева Н.Д. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье рассматривается необходимость системного подхода к определению технологии проведения капитального ремонта и реконструкции кровли высотных зданий при учете наличия возможных дефектов кровли высотных зданий.

Высотное строительство в России начало активно развиваться в конце XX – начале XXI века [3]. Во многом это объясняется дефицитом свободных площадей под застройку в больших городах, быстрорастущими потребностями людей и развитием новых прогрессивных технологий строительства. Сокращение свободных придомовых территорий, связанное с ростом количества легкового транспорта населения, резко сокращают озеленение и осложняют их благоустройство. Поэтому интересные направления восполнения этих потерь, реализуемые в ряде европейских стран, в том числе со сходными климатическими условиями, необходимо рассматривать и в Брянском регионе для обеспечения комфортной городской среды для населения. Одно из возможных направлений вполне можно реализовать на стадии проведения капитального ремонта кровель высотной городской застройки.

Известно [3], что по истечении десяти лет эксплуатации кровли она подлежит капитальному ремонту. Капитальный ремонт и реконструкцию кровель проводят в том случае, когда кровля утрачивает свои главные функции, состоящие в защите конструкций и помещений от внешних атмосферных воздействий; поддержании комфортной температуры внутри помещения; уменьшении теплопотерь [1]. Подготовку проектной документации, по мнению автора, необходимо проводить с позиций системного подхода, рассматривая множество вариантов не только проведения капитального ремонта и ее реконструкции для выбора рационального варианта многофункционального использования [4]. В числе стандартных функций кровли прибавится функции организации отдыха жильцов, занятия физкультурой и другие за счет устройства зеленой зоны, игровой детской площадки, спортивной площадки, площадки хозяйственно-бытовой и др. А в перспективе возможно размещение городского воздушного транспорта (вертолетная площадка). Следует отметить, что к конструкциям покрытий высотных зданий предъявляются повышенные требования по прочностным, противопожарным, теплоизоляционным характеристикам применяемых материалов, что безусловно учитывается при отборе возможных вариантов конструкции.

Системный подход заключается в оптимизации выбора конструктивного решения, в том числе и по многовариантному отбору строительных материалов кровли, включая инновационные. При этом важен выбор рационального решения и по критерию технологичности конструкции.

Так, известно [2], что старая кровля обычно имеет толщину 40-50 см и состоит из слоев битумных материалов, рубероида, пропитанных водой, которую

необходимо снимать полностью. Частичный ремонт и покрытие новыми слоями не избавит конструкцию от содержащейся внутри воды, и в дальнейшем вода будет оказывать негативное влияние на нижележащие конструкции здания. Анализ данных позволяет выделить главные дефекты, возникающие на плоской кровле и приводящие к необходимости капитального ремонта и реконструкции: отсутствие защитного слоя; повреждение кровельного ковра антеннами; трещины, вздутия; биологическое разрушение, отслаивание ковра и, как следствие потеря гидроизоляционных и теплоизоляционных свойств кровли.

Современные кровельные материалы имеют более длительный срок службы, хотя и они в свое время потребуют ремонта и реконструкции, но именно они должны рассматриваться как перспективные, как обеспечивающие к применению ресурсосберегающих технологий капитального ремонта мягких кровель. Их главное отличие состоит в том, что отсутствует необходимость снятия старой кровли и устройства дополнительных слоев, что существенно снижает стоимость и сроки проведения работ. Кроме того, данная ресурсосберегающая технология перспективна с позиций организации пожаробезопасного производственного процесса, поскольку позволяет восстанавливать рулонную кровлю при помощи обработки тепловым и лучевым потоком без применения открытого огня, ограничиваясь устройством единого монолитного слоя. Далее достаточно накрыть монолитный слой одним слоем наплавляемого материала и кровельный ковер, восстановленный по данной технологии обеспечит требуемую прочность, долговечность и теплотехнические и экологические свойства. Патентный поиск и анализ существующей практики показал, что использование инновационных кровельных материалов, в их числе мембраны или пленки, наиболее пригодны для данной технологии. Как показывает опыт других стран, доля их применения составляет 40-50%, однако в России эти значения гораздо ниже. В случае расширения функций кровли высотного сооружения [2], мембранные кровли должны рассматриваться как одной из перспективных решений ввиду их долговечности, влагонепроницаемости и препятствования образованию конденсата в конструкции. При этом технологичность мембранной кровли заключается в минимизации стыков, благодаря размерному ряду по ширине (от 1 до 15 м) [2]. В качестве теплоизоляции для кровель высотных зданий автор считает перспективным обор из числа инновационных материалов, обеспечивающих прочность на сжатие 0,25 МПа и выше, среди которых выделим плитное пеностекло, экструзионный пенополистирол, кремниевые плиты, а также возможно применение полистиролбетона. Эти материалы в максимальной степени уменьшают нагрузку от веса кровли на несущие конструкции здания, что важно при расширении функций кровли в высотном строительстве, в том числе при устройстве кровли инверсионного типа. Однако слабым местом данного типа кровель является гидроизоляционный слой, который подвергается воздействию перепадов температур, излучения, атмосферных осадков, но именно инверсионная кровля является наиболее удачным решением при устройстве multifunctional эксплуатируемых крыш. Реконструкция кровель в условиях высотных зданий имеет ряд особенностей в выборе схем механизации монтажных, демонтажных работ, складирова-

ния материалов, а также повышенные требования обеспечения безопасности рабочих [1]. Стесненные условия, продолжение эксплуатации зданий также накладывают ограничения на сроки проведения работ и должны учитываться при разработке технологических и организационных решений. Таким образом, вопрос реконструкции и капитального ремонта кровель высотных зданий становится все более актуальным в связи с физическим износом старых кровель, а также по причине возникновения разнообразных дефектов. Важно помнить, что при устройстве новой кровли нужно тщательно подбирать применяемые материалы, чтобы обеспечить необходимые изоляционные свойства, прочность, долговечность.

Заключение

1. Таким образом, выявлено, что эксплуатируемая крыша в Брянске – это возможно. Она сложна в установке и обслуживании, но окупает себя, как и для строителей, своей дороговизной и эксклюзивностью, так и для покупателей в виде пространства для своего блага и комфорта.

2. Применение технологии «зеленые кровля» значительно сокращает экономические расходы на отопление здания. Капитальный ремонт кровель высотных зданий имеет ряд осложняющих факторов, которые сказываются на стоимости, трудоемкости работ и которые должны быть отражены при разработке указаний по проведению работ в данной области.

Литература

1. Зобкова Н.В. Проектирование и технология устройства крыш с мягкой кровлей: учеб. пособие / Н.В. Зобкова, А.А. Пшенов. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. – 76 с.

2. Панасюк М.В. Кровельные материалы. Практическое руководство / М.В. Панасюк. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 448 с.

3. Современное высотное строительство. Монография / под гл. ред. М.Н. Щукиной. – М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 440 с.

4. Сергеева Н.Д., Цыганков В.В. Методология организационно-технологической подготовки на объектах примагистрального шумозащитного озеленения. Монография. – Брянск: БГИТУ, 2018. – 146 с.

5. Архитектурно-композиционные особенности высотных зданий [Электронный ресурс] URL: [http: // cyberleninka.ru/](http://cyberleninka.ru/)

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПАРКА МАШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ЭТАПЕ НУЛЕВОГО ЦИКЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ГЕОЛОКАЦИИ

Курченко Н.С., Абраменков С.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Рассмотрены основные возможности и опыт применения систем геолокации для повышения эффективности работы парка строительных машин при производстве работ нулевого цикла. Показано, что применение таких автоматизированных систем контроля позволяет повысить безопасность производства работ и экономить ресурсы. Предлагается использовать рассматриваемую систему мониторинга для совершенствования технологических схем движения машин и оценки средней продолжительности работ для последующего использования при нормировании продолжительности работ.

При строительстве зданий и сооружений нулевой цикл в ряде случаев составляет значительную часть от объемов всего строительства. При этом на данном этапе производства работ строительство насыщено специальной техникой, перемещающейся на значительные расстояния. Прежде всего это землеройно-транспортные машины, осуществляющие работы по вертикальной планировке площадки, рытью котлованов под здания, траншей инженерных коммуникаций и т.п. Данный факт обуславливает необходимость организации эффективной работы парка строительных машин. Классически данную задачу можно решить с использованием календарного планирования на этапе проекта производства работ, а также с помощью технологических карт, отражающих основные траектории движения средств механизации. Но даже при наличии всего этого реальная практика строительства во многих организациях вскрывает следующие основные проблемы, которые приводят к необоснованному перерасходу затрат на производство работ:

- случайные организационные ожидания, связанные с недоступностью ресурсов механизации [1-3] (например, отказ строительных машин, обусловленный технической неисправностью), недоступностью трудовых и материальных ресурсов [4-6] (например, срывы поставок материалов);
- организационные ожидания, связанные с неудовлетворительной разработкой схем движения машин на строительной площадке.

Одним из средств, существенно повышающих эффективность работы строительных машин, является непрерывная спутниковая фиксация их трафика (геолокация) и оснащение исполнительных механизмов датчиками, передающими сигнал через спутник на сервер в программу автоматизации учета работы машин. Рассмотрим функционирование этой системы на примере известной отечественной системы «Скаут», используемой во многих строительных организациях.

Учет работы техники осуществляется программой «Скаут-Платформа», которая позволяет выполнять следующие основные действия:

Секция 4. Строительное производство, ЖКХ и экология городской среды

- контроль состояния датчиков, подключенных к строительной технике, и определение местоположения в режиме онлайн с помощью GPS/ГЛОНАСС;
- составление аналитических отчетов с автоматизированной отправкой их на электронную почту по расписанию;
- система моментальных уведомлений о событиях (например, о нарушениях режима работы), набор интерфейсов и система плагинов для добавления новых возможностей;
- масштабирование сервера с ростом количества транспортных средств.

Рассмотрим некоторые актуальные для условий строительства решения, например, контроль работы самосвалов и экскаваторов. При контроле работы самосвалов задается разрешенная для разгрузки геозона (рисунок 1, а), а система датчиков позволяет оценить список всех разгрузок с указанием времени, адреса и места разгрузки (рисунок 1, б). Детальный отчет позволяет узнать общее фактическое количество разгрузок, количество разгрузок в каждой геозоне и вне разрешенных геозон (см. рисунок 2, а).

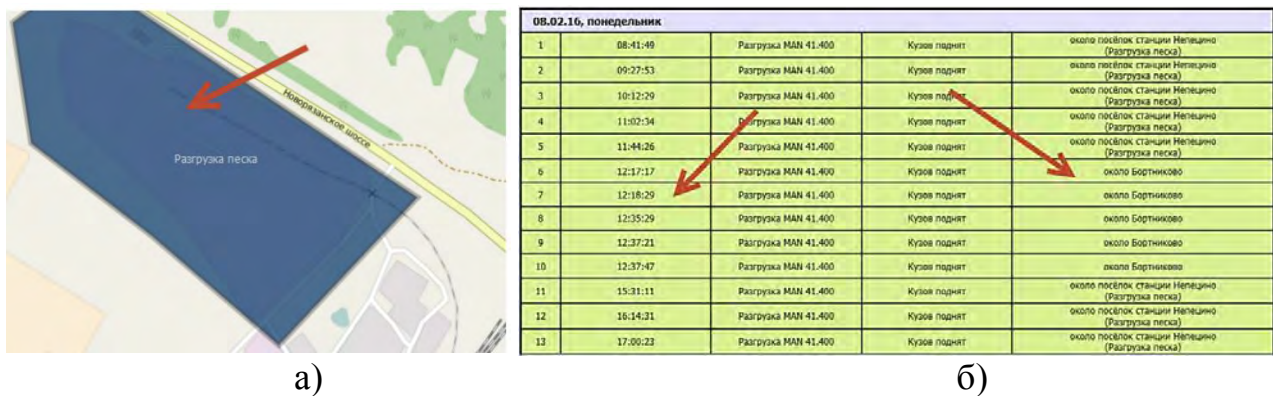


Рисунок 1 – Выходные данные по контролю разгрузок

Разгрузка MAN					
Объект	MAN 41.400 (Самосвал)				
Период отчета	с 03.02.2016 00:00 по 10.02.2016 23:59				
Пользователь	Иван Котов, kotov				
Датчики	Разгрузка MAN 41.400				

Итоговые данные за период					
Объект	Гос. номер	Датчик	Количество срабатываний	Время в состоянии Вкл	Время в состоянии Выкл
MAN 41.400 (Самосвал)		Разгрузка MAN 41.400	67	01:50:42	187:44:35

Итоговые данные за период по геозонам					
№	Геозона	Датчик	Количество срабатываний	Время в состоянии Вкл	Время в состоянии Выкл
1	Разгрузка песка	Разгрузка MAN 41.400	60	00:56:15	135:51:36
2	Вне геозон	Разгрузка MAN 41.400	7	00:54:27	51:52:59

Состояние датчиков в течение периода					
№	Дата Времени	Датчик	Состояние	Адрес (название геозоны)	
03.02.16, среда					
1	08:41:22	Разгрузка MAN 41.400	Кузов поднят	около поселок станции Непецино (Разгрузка песка)	
2	09:44:54	Разгрузка MAN 41.400	Кузов поднят	около поселок станции Непецино (Разгрузка песка)	
3	10:33:06	Разгрузка MAN 41.400	Кузов поднят	около поселок станции Непецино (Разгрузка песка)	
4	11:15:59	Разгрузка MAN 41.400	Кузов поднят	около поселок станции Непецино (Разгрузка песка)	

Рисунок 2 – Детальный отчет по разгрузкам

При этом движение самосвалов можно контролировать на карте с записью пути каждой машины. Для более детального контроля кроме обычного модуля мониторинга можно установить модуль с видеорегистрацией движения. Трекинг траектории машины выполняется с учетом контроля мгновенной скорости движения и состояния подключенных датчиков, маршрутов машин за любой период времени, стоянок, скоростных режимов и т.д. Совместно с контролем движения используется возможность контролировать расход топлива, загруженность, положение механизма разгрузки и показания датчиков уровня бензина, что позволяет контролировать сливы и заправки «мимо бака» (рисунок 3).

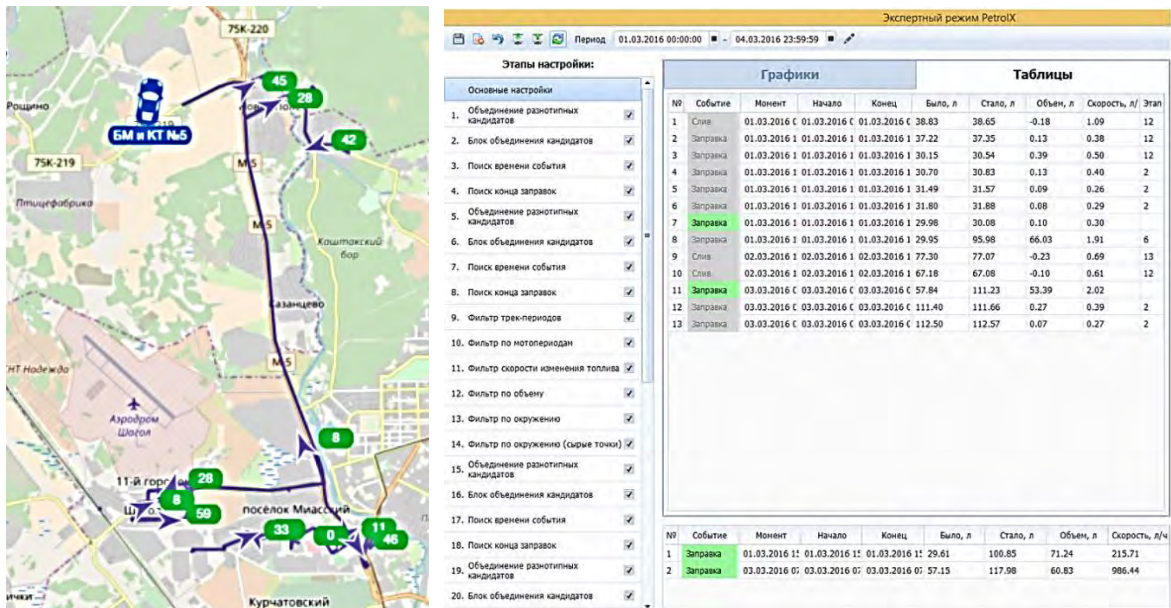


Рисунок 3 – Визуализация трекинга движения самосвалов с контролем заправок

Система мониторинга работы экскаваторов располагает данными об их загрузке (считывает положения ковша во времени), а также детальными сведениями о времени холостого хода и стоянок без работы (см. рисунок 4). Кроме этого, регистрируется и траектория движения с учетом достаточного для исследования эффективности работы машины приближения.

Информация, представленная данным модулем мониторинга, показала, что фактические траектории движения экскаваторов существенным образом отличаются от классических схем лобовой и боковой транспортных проходок. Анализ этих схем показал, что отличия от линейных траекторий движения, обусловленные случайными событиями подъездов, отъездов, остановок на холостом ходу, изменения предполагаемых мест стоянок, могут достигать 25%. Учет как этих случайных факторов, так и несанкционированных перемещений машин позволяет давать более объективные оценки продолжительности производства работ.

Одним из инновационных аспектов работы системы «Скаут» является возможность фиксации сильных ударных воздействий на строительную технику с

фиксацией величины силы удара. Это позволяет оперативно уведомлять об аварийных ситуациях, например, ударе ковша о конструкцию или технику, падении самосвала в котлован, опрокидывании экскаватора и т.п.

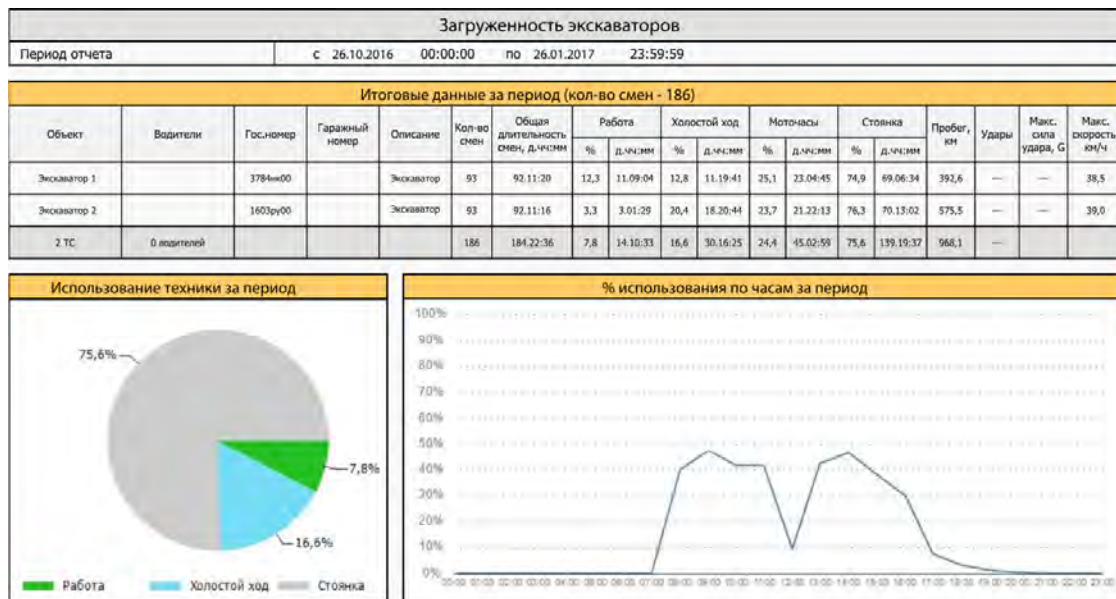


Рисунок 4 – Данные о логистике экскаваторов

Опыт использования систем геолокации в строительных организациях показал, что применение систем автоматизации спецтехники, основанных на серверной модели, использующей GPS/ГЛОНАСС, позволяет улучшить следующие технико-экономические показатели:

- снизить расход горюче-смазочных материалов и как следствие затраты на их приобретение;
- сократить расходы на содержание автопарка;
- уменьшить пробег;
- сократить износ техники;
- снизить вероятность угонов автомобилей;
- исключить простои и нецелевые рейсы;
- повысить эффективность работы логистов и диспетчеров.

Заключение

1. Использование систем геолокации при учете работы строительных машин в период нулевого цикла позволяет существенным образом сократить затраты на производство работ и более объективно оценить их продолжительность.

2. Статистический анализ трекинга техники при производстве работ дает возможность выявить особенности движения и сформировать новые упрощенные схемы движения техники для использования в проектах производства работ, оценить остаточный ресурс работы машин, получить сведения об их эксплуатационных отказах и аварийных ситуациях, что необходимо для формирования современных интерактивных календарных планов.

3. Данные о строительном производстве, полученные с помощью рассматриваемых систем мониторинга, могут быть использованы при формировании новой нормативной базы о продолжительности строительства зданий и сооружений, а именно для нулевого цикла.

Список литературы

1. Бовтеев С.В., Терентьева Е.В. Управление сроками строительного проекта // Управление проектами и программами. – 2014. – №2. – С. 158-173.
2. Cohen M., Palmer G. Project Risk Identification and Management // AACE International Transactions -AACE International, Morgantown. – 2004. INT.01.
3. El-Rayes K., Moselhi O. Optimal resource utilization for repetitive construction projects // Constr. Eng. Manag. – 2001. – Vol. 127. – P. 18-27.
4. Курченко Н.С. Выбор организационно-технологических решений для объектов строительства с учетом случайных факторов // Системные технологии. – 2018. – № 2 (27). – С. 64-69.
5. Курченко Н.С., Алексейцев А.В., Галкин С.С. Методика определения продолжительности строительства на основе эволюционного моделирования с учетом случайных организационных ожиданий // Вестник МГСУ. – 2016. – № 10. – С. 120-130.
6. Курченко Н.С. Организация производства работ по реконструкции комплекса зданий на основе вероятностной календарной модели // Системные технологии. – 2018. – № 3 (28). – С. 83-87.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОРИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ СООРУЖЕНИЙ

Курченко Н.С., Ботаговский М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Приводится последовательность составления организационно-технологической документации для подземных сооружений, имеющих историческую ценность. Предлагается для сложных работ по реставрации при оценке их продолжительности вводить граф технологических операций, а для объекта в целом проводить оценку надежности технологических решений. Применение предлагаемого подхода показывается на примере воссоздания погреба 18 века, расположенного в литературно-мемориальном музее-усадьбе А.К. Толстого.

Проблема организации производства работ для подземных архитектурных памятников или объектов культурного наследия РФ всегда требует пристального внимания. Прежде всего это связано с отсутствующей на сегодняшний день нормативной базой по продолжительности реконструкции и воссозданию объектов такого типа. Подземные исторические сооружения, например, гробница боспорских царей (Царский курган), галицинские погреба (винные подвалы) в Крыму, погреб литературно-мемориального музея-усадьбы А.К. Толстого в Брянской об-

ласти и т.п., требуют время от времени проведения ремонтно-строительных и реставрационных работ, направленных на поддержание работоспособности строительных конструкций и эксплуатационных качеств сооружения в целом.

Организационно-технологическая документация для таких объектов в частном случае может содержать следующие этапы:

1. Формирование перечня работ, подлежащих выполнению при ремонтно-строительном или реставрационном этапе производства. В качестве нормативной базы при этом могут выступать как реставрационные нормативы РНиП, так и сборники ФЕР, ТЕР, ГЭСН на ремонтно-строительные работы;

2. Укрупнение работ в комплексные процессы. Укрупнение выполняется по следующему принципу: могут быть объединены работы, выполненные единой группой исполнителей в рамках одного технологического процесса. Например, устройство штукатурных слоев, их затирка, установка малярной сетки, выполнение финишного слоя может быть укрупнено в один технологический процесс «штукатурка». Несколько таких процессов можно объединить в работу «внутренняя отделка».

3. Составление ведомости объемов работ, подлежащих выполнению. Учитывая специфику работ, связанную с реставрационной деятельностью, в эту ведомость целесообразно включать фрагменты фотографий, расчетные формулы и схематические эскизы, уточняющие объемы работ и дополняющие технологию их производства. При этом должен фиксироваться каждый объем отдельных технологических операций, чтобы наиболее адекватно оценить итоговую трудоемкость укрупненной работы. Кроме того, на данном этапе представляется необходимым составить граф технологических операций процесса и, вычислив по нему продолжительность критического пути, оценить продолжительность всего технологического процесса;

4. Составление характеристической ведомости работ, включающей сведения о разбивке работ на захватки (при необходимости), составе исполнителей, сменности, объемах работ, подлежащих выполнению с учетом их распределения по захваткам, длительности работ, а также машинах, механизмах, ручном механизированном инструменте, необходимых для выполнения работ. В ряде случаев при высокой степени механизации работ ведомости потребности в средствах механизации целесообразно выполнять отдельно.

После того как характеристическая ведомость работ подготовлена, можно приступать к составлению календарного плана. Для этого необходимо первоначально сформировать технологический граф укрупненных работ. Для подземных объектов рассматриваемого нами типа целесообразно использовать критерий оценки надежности организационных решений технологического графа, изложенных подробнее в работе [1]. Суть такой оценки состоит в подсчете интегрального значения рисков срыва работ [2], образующих критический путь. Эти срывы могут быть обусловлены случайными производственными факторами, связанными как с исполнителями работ, поставщиками и поставками, так и с другими факторами [3], в т.ч. и природно-климатическими. Отметим, что этот риск тем меньше, чем меньше в критическом пути событий начал-окончаний работ, включая начальное и завершающее события календарной модели.



а) интерьер основного зала



б) оконный проем



в) интерьер левого зала

Рисунок 1 – Погреб 18 века, расположенный в литературно-мемориальном музее-усадьбе в с. Красный Рог Брянской области

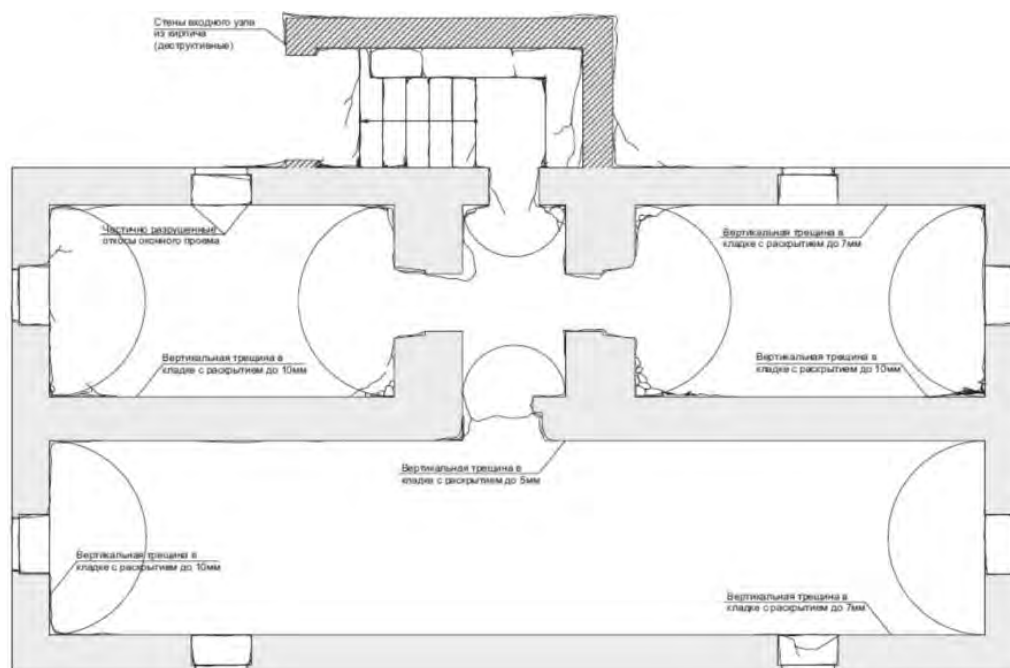


Рисунок 2 – План погреба 18 века

После выбора наиболее надежного в организационном отношении технологического графа, его топология в виде кодов работ (например, коды работ-предшественников данной работы) вносится в автоматизированную систему управления проектами [4]. Также в нее добавляются продолжительности работ и ресурсы, необходимые производству. Если в качестве такой автоматизированной

системы используется MS Project Pro, то работы на отдельных захватках следует вводить как отдельные работы в поле «Задачи», а итоговую укрупненную работу представлять в виде инструмента «Суммарная задача» [5].

Рассмотрим применение приведенной методики на примере работ по восстановлению несущей способности каменных сводчатых конструкций погреба 18 века литературно-мемориального музея усадьбы в с. Красный Рог Брянской области (рисунок 1).

Как видно из рисунка, имеют место вывалы кирпича из сводов, износ оконных проемов и другие дефекты. На основе этих данных сформирована характеристическая ведомость, представленная в таблице 1. Данные этой таблицы составлены с учетом имеющихся у подрядчика ресурсов.

Таблица 1 – Характеристическая ведомость по объекту «Погреб 18 века, расположенный в литературно-мемориальном музее-усадьбе в с. Красный Рог Брянской области» (фрагмент)

Наименование работы	Трудоемкость, чел.-час.	Численность исполнителей, чел.	Марка и количество средств механизации, шт.	Продолжительность строительства, час. (смен)	Шифр сметы
Подготовительные работы по разборке пристройки и завалов	143,79	7	Отбойный молоток Makita HM1101C – 2 шт. Экскаватор одноковшовый Caterpillar 315D L – 2 шт. Самосвал Mercedes-Benz Actros 3331K – 1 шт.	21(2,6)	02-05-01
Ремонтно-строительные работы внутри погреба	755,96	14	Бетоносмеситель СТ-160 – 2 шт. Угловая шлифмашина WS08-125T – 2 шт.	48(6,0)	
Подготовительные работы в виде разборки надземной части с сохранением годных материалов	133,95	8	Отбойный молоток Makita HM1101C – 2 шт. Экскаватор одноковшовый Caterpillar 315D L – 1 шт.	17(2,1)	02-05-02
Разборка существующих полов и устройство новых	536,54	12	Отбойный молоток Makita HM1101C – 2 шт. Бетоносмеситель СТ-160 – 1 шт. Плоскошлифовальная машина Lagler Single – 2 шт.	45(5,6)	
Устройство крылец и отмостки	451,02	9	Автобетоносмеситель 5DO на шасси КамАЗ 53605-3911-23 – 1 шт. Вибротрамбовка Masalta MR60H – 2 шт.	41(5,1)	
Электромонтажные работы	503,65	6	Перфоратор Bosch PBH 2100 RE – 2 шт. Шуруповерт Hitachi DS14DCL – 2 шт.	42(5,3)	02-05-03

Заключение

При организации производства работ исторических подземных сооружений требуется обязательный учет в календарном плане как ремонтно-строительных, так и реставрационных работ. Наблюдения и хронометраж показывают, что реальные продолжительности работ на таких объектах превышают ожидаемые в 1,5-3 раза, что в первую очередь связано с низкой организационной надежностью технологических решений. Так, проект воссоздания музея-усадьбы А.К. Толстого так и не был в полном объеме реализован, поскольку возникли риски освоения выделенного для этого финансирования. Другими причинами послужили существенно затянувшиеся сроки сдачи проектной документации и не в полной мере адекватная оценка действительной продолжительности производства работ.

Список литературы

1. Курченко Н.С. Выбор организационно-технологических решений для объектов строительства с учетом случайных факторов // Системные технологии. – 2018. – № 2 (27). – С. 64-69.
2. Cohen M., Palmer G. Project Risk Identification and Management // AACE International Transactions -AACE International, Morgantown. WV. 2004. INT.01.
3. Курченко Н.С., Алексейцев А.В., Галкин С.С. Методика определения продолжительности строительства на основе эволюционного моделирования с учетом случайных организационных ожиданий // Вестник МГСУ. – 2016. – № 10. – С. 120-130.
4. Ильина Н.С., Морозова Т.Ф., Комаринский М.В. Планирование капитального ремонта с помощью системы «TIME LINE»/ XXXII неделя науки СПбГПУ: Материалы межвузовской научно-технической конференции. –2004. – С. 147-148.
5. Курченко Н.С., Алексейцев А.В. Эволюционная модель поиска рационального распределения ресурсов при ограничении продолжительности строительства // Наука и бизнес: пути развития. – 2017. – № 4 (70). – С. 19-23.

АКТУАЛЬНЫЙ АСПЕКТ ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Липкина В.С., Сергеева Н.Д. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Как известно, в сфере городского строительства и хозяйства имеется несколько вариантов теплоснабжения населения, но реализация технических и технологических решений в соответствии с законом, все настойчивее заставляет проектировщиков, строителей и работников ЖКХ обращаться именно к внедрению технологий устройства тепловых пунктов. Тепловой пункт (ТП) – это комплекс устройств, расположенный в обособленном помещении, состоящий из элементов тепловых энергоустановок, обеспечивающих присоединение этих установок к тепловой сети, их работоспособность, управление режимами

теплопотребления, трансформацию, регулирование параметров теплоносителя и распределение теплоносителя по типам потребления.

As is known in the field of urban construction and economy, there are several options for heat supply to the population. However, the implementation of technical and technological solutions in accordance with the law increasingly forces designers, builders and utilities to apply it to the introduction of technologies for the device of thermal points. The thermal point (TP) is a complex of the devices located in the isolated room consisting of elements of thabstractermal power plants providing accession of these installations to a thermal network, their operability, management of modes of heat consumption, transformation, regulation of parameters of the heat carrier and distribution of the heat carrier on types of consumption.

В последнее время большое внимания уделяется вопросам, связанным с рациональным энергопотреблением в соответствии с требованиями закона РФ «Об энергопотреблении».

Основными задачами ТП являются:

- преобразование вида теплоносителя;
- контроль и регулирование параметров теплоносителя;
- распределение теплоносителя по системам теплопотребления;
- отключение систем теплопотребления;
- защита систем теплопотребления от аварийного повышения параметров теплоносителя;
- учет расходов теплоносителя и тепла.

При этом обеспечиваются:

- комфортные условия внутри помещений;
- надежное и стабильное функционирование теплоснабжающего оборудования;
- снижение непроизводительных затрат энергии;
- минимизация эксплуатационных и капитальных затрат.

Тепловой пункт является одним из основных элементов системы централизованного теплоснабжения здания, он обеспечивает функцию преобразования и устойчивой циркуляции теплоносителя, а также его распределения. Как правило, тепловой пункт располагается в обособленном помещении.

Россия является одним из самых энергорасточительных государств. Наибольшие потери наблюдаются в промышленности (по причине износа оборудования), в секторе ЖКХ, а также в самом топливно-энергетическом комплексе. На долю ЖКХ приходится около 1/3 всех потерь, это приблизительно 110 млн т. условного топлива на 2015 г.

Особенно актуальной проблема энергосбережения стала в коммунальной сфере, где ей уделялось значительно меньше внимания по сравнению со сферой производства. Именно в сфере жилищно-коммунального хозяйства денежные затраты стали особенно обременительными для российского бюджета.

Основными недостатками являются:

- частые жалобы населения на низкую температуру в помещениях, а также отсутствие каких-либо действий для устранения причин возникновения;

- увеличение расхода тепловой энергии на все здания, снабжающиеся от данного ЦТП (центрального теплового пункта);

- нехватка тепла для внедрения ИТП при переходе от ЦТП. Особенно в периоды максимального разбора горячей воды (утро, вечер). В системе ГВС до внедрения ИТП находилась вода, прошедшая минимальную химподготовку, с пониженным содержанием кислорода;

- проблема качества воды в холодном водоснабжении (ХВС) для ЦТП.

Существует несколько подходов к решению задач, связанных с энерго-снабжением:

- генерация электро- и теплоэнергии;
- распределение энергии с технической точки зрения на два направления: тепла и электричества;
- потребление конечным устройством, от коэффициента полезного действия которого будет зависеть качество энергосбережения.

Можно выделить основные направления энергосбережения в области ЖКХ:

- автоматизация тепловых пунктов - регулирование расхода тепловой энергии на центральных тепловых пунктах (ЦТП) и индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) в автоматическом режиме;
- переход на ИТП и постепенный отказ от ЦТП (перенос оборудования приготовления горячей воды на бытовые нужды в здания), все это приводит к перегрузке основных магистралей, увеличению температуры обратной возвращаемой воды и хроническому отставанию в режиме работы. В результате этого тепловые сети в ходе работы могут превысить расчетный расход воды как минимум на 30%;
- увеличение эффективности автоматического регулирования отопления (пофасадное авторегулирование с коррекцией по температуре воздуха в помещении, при котором учитываются индивидуальные особенности здания);
- оснащение индивидуальными автоматическими регуляторами теплового тока (термостатами) отопительных приборов.

Есть выходы из этой ситуации один из которой - это переход от центральных тепловых пунктов к индивидуальным, что позволит повысить эффективность авторегулирования отопления вследствие отказа от распределительных сетей горячего водоснабжения, а также минимизировать потери при транспортировке тепла и уменьшить расход электроэнергии на перекачку горячей воды для бытовых нужд. Перемещение центров горячего водоснабжения и отопления непосредственно в здание повышает качество снабжения жителей горячей водой.

ИТП (индивидуальный тепловой пункт) оказывается эффективнее ЦТП (центрального теплового пункта) по многим показателям:

- простота в обслуживании и эксплуатации;
- снижение эксплуатационных расходов;
- сокращение теплопотерь в системах горячего водоснабжения;
- уменьшение расхода электроэнергии на циркуляцию и перекачку горячей воды;

- надежность функционирования;
- сокращение расхода топливных ресурсов;
- возможность контроля состояния тепловых сетей;
- точное определение объемов теплопотерь благодаря узлам учета;
- уменьшение числа плановых или аварийных отключений;
- уменьшение расхода топливных ресурсов;
- сокращение выброса вредных веществ в атмосферу и, как следствие, улучшение экологической ситуации.

Очень важно и то, что тепловой пункт не требует территории больших размеров для размещения, что приводит к рациональному использованию городского пространства в других целях, например, для создания парковых или даже парковочных зон, различных муниципальных объектов или жилых комплексов.

Переход на систему теплоснабжения с ИТП целесообразен не только в строящихся объектах, но и уже в существующих микрорайонах, где может требоваться замена внутриквартальных сетей и оборудования ЦТП.

Несмотря на отдельные недостатки ИТП (индивидуальных тепловых пунктов), в числе которых дополнительные затраты на транспортировку оборудования, становится совершенно понятно, почему популярность индивидуальных тепловых пунктов с каждым годом возрастает.

Правильно разработанная, тщательно продуманная установка может свести энергопотребление к минимуму. Изучение данного направления теплоснабжения населения выявило некоторые аспекты, влияющие на стоимостный фактор его практического применения. В первую очередь, речь идет об отсутствии четких рекомендаций по выбору и устройству технических решений тепловых пунктов и их оснащенности. Фактически проблемы сводятся к необходимости создания методологии проектирования ПОС и ППР на устройство тепловых пунктов для отдельно стоящих зданий; группы зданий; микрорайона и т.д. Этот аспект и является теоретическим направлением магистерской диссертации автора.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ «Правила предоставления коммунальных услуг гражданам» от 23.05.06 №307.
2. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Модели и механизмы систем в управлении качеством. // Проблемы теории и практики управления. - 2008. - №4. - с. 18-22.
3. Михайлов С. Н., Сергеева Н. Д. К вопросу системного подхода к организации технического обслуживания жилых зданий. Научный журнал «Вестник магистратуры». № 4-3 (67), Йошкар-Ола, 2017. С.67
4. Сергеева Н. Д., Матвеев А. А., Вербицкий А. С., Бацанов Д. Н. Научно-техническое обеспечение реализации стратегии модернизации строительной отрасли /Н.Д. Сергеева, А. А. Матвеев, А. С. Вербицкий, //Znanstvenamisel journal The journal is registered and published in Slovenia. - 2017.- №5. - с. 47-55.
5. Садыков А. С. и др. Организация управления коммунальным хозяйством крупного города. М.: Стройиздат, 2011. - 176с.

6. Состояние строительного комплекса России: перспективы и основные направления развития [Электронный ресурс]//Министерство регионального развития. [сайт]. <http://www.Gosstroy.ru> (дата обращения 14.09. 2018)

7. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. Качество и температура воды в системах водоснабжения.

ИННОВАЦИОННЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Плотников В.В., Никишина А.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье приведены и обоснованы новые подходы по созданию инновационных ограждающих конструкций для интеллектуальных зданий, способных изменять свои теплофизические и другие свойства в зависимости от параметров окружающей среды.

Телоизоляция используется человечеством не одно столетие. Сначала применялись натуральные материалы, в северных регионах: мох, костра, солома. Появление технологий привело к разработке способов получения неорганических материалов, например, вермикулита, аглопорита, минваты. Самыми последними были разработаны полимеры, в том числе пенопласты

В настоящее время по всему миру ведутся разработки по созданию не просто эффективных теплоизолирующих конструкций, но и многофункциональных. Французскими учеными Дюфорестелем Тьерри и Миллевиллем Пьер-Анри была предложена конструкция теплоизоляционного устройства, представляющего собой панель, состоящую из двух стенок, разделенных внешней основной распоркой и образующих газонепроницаемую камеру, в свою очередь разделенную двумя гибкими пленками, способными смыкаться и размыкаться под действием давления газа и электростатических сил (рисунок 1) [1].

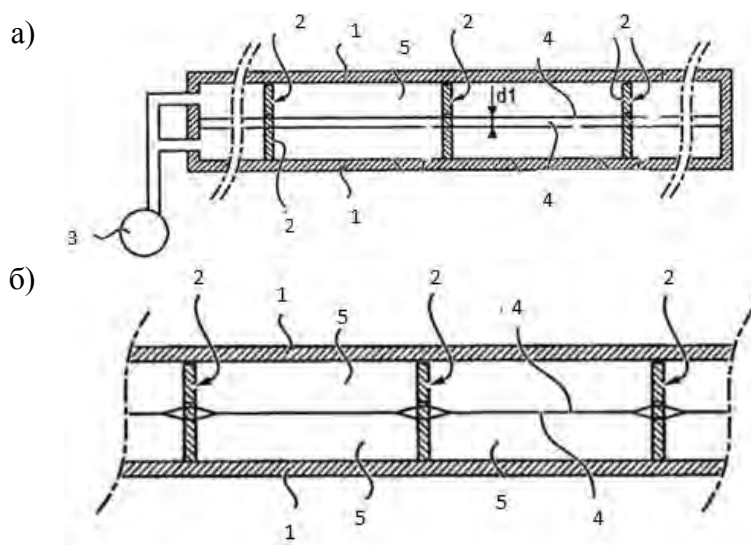


Рисунок 1 – Конструкции теплоизоляционного устройства: а) теплоизолирующее положение пленок; б) теплопроводящее положение пленок; 1 – наружная стенка, 2 – распорка, 3 – средство для регулирования давления, 4 – пленка, 5 – газонепроницаемая камера

В МГСУ ведутся разработки по созданию строительных блоков, обладающих не только свойствами элемента несущей конструкции здания выдерживать нагрузки и оказывать сопротивление передаче тепла сквозь стену, но и обладающих свойствами устройств, предназначенных для изменения теплопроводной способности за счет периодических перепадов температуры воздуха и атмосферного давления, постоянно происходящих в течение времени (рисунок 2) [4].

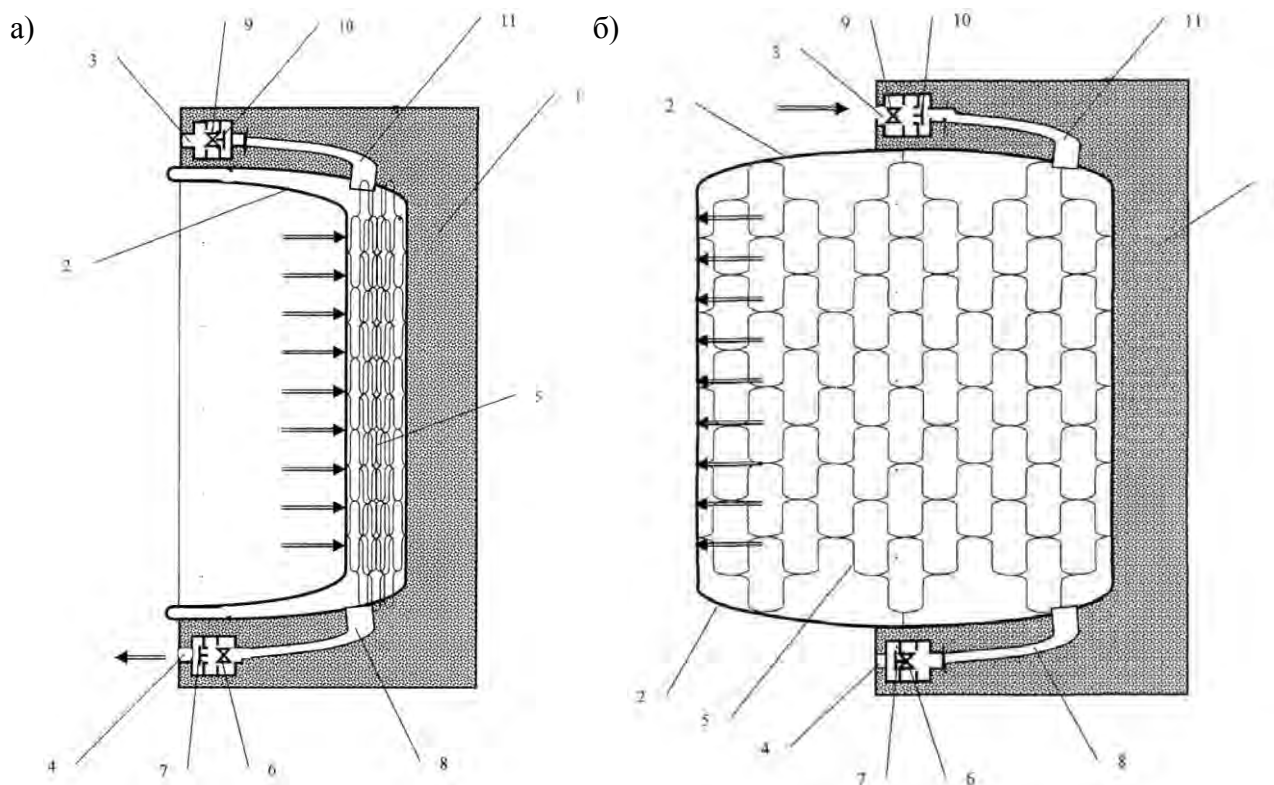


Рисунок 2 – Сечения строительного блока с терморегулируемым пневматическим фасадом в двух крайних положениях, соответственно летнем (а) и зимнем (б) положении

Немецкие ученые разработали метод охлаждения зданий, не требующий ни электроэнергии, ни техобслуживания. Инновационная технология базируется на фазовых переходах. Такой переход сопровождается соответственно поглощением или выделением довольно значительного количества энергии без изменения температуры вещества. Реализовать идею помогли технологи концерна BASF.

Заполненные парафином микроскопически малые бусинки из акрилового стекла. Этот порошок может подмешиваться к любому из известных стройматериалов - бетону, цементу, гипсу, штукатурке. Микрокапсулы очень прочны, в случае их разрушения утечка парафина ничтожна. В ходе стендовых испытаний микрокапсулы легко выдержали 10 тысяч циклов нагрев/охлаждение, что соответствует 30-летней эксплуатации.

Нидерландская фирма «Термафлекс» изготавливает изоляцию на основе классического термопласта – полиэтилена с линейным топологическим строением макромолекулы. Вспенивание материала осуществляется физическим методом: непосредственным впрыском газа в расплавленный полимер под высоким

давлением. Технология является сложной и для ее реализации необходимо специальное оборудование – экструдеры, а также строгое соблюдение техники безопасности. Зато она позволяет уменьшить итоговую стоимость готовых изделий, сохраняя в них значительное число небольших пор и закрытых ячеек, а также добиться уникальных физических свойств материала, чем выгодно отличается от химического вспенивания.

В данный момент в БГИТУ на кафедре СП ведутся разработки по созданию ограждающих конструкций с регулируемыми свойствами [5, 6, 7, 8, 9]. Одним из направлений разработок является создание полых стен, внутри которых горизонтально по специальным направляющим может перемещаться однослойная или многослойная диафрагма переменного объема, выполненная из различных материалов в зависимости от преследуемой цели: повышение сопротивления теплопередаче, повышение шумозащитных характеристик, обеспечение фильтрации и обеззараживания поступающего через стену воздуха и т.д. При этом диафрагма в случае необходимости может легко меняться (рисунок 3).

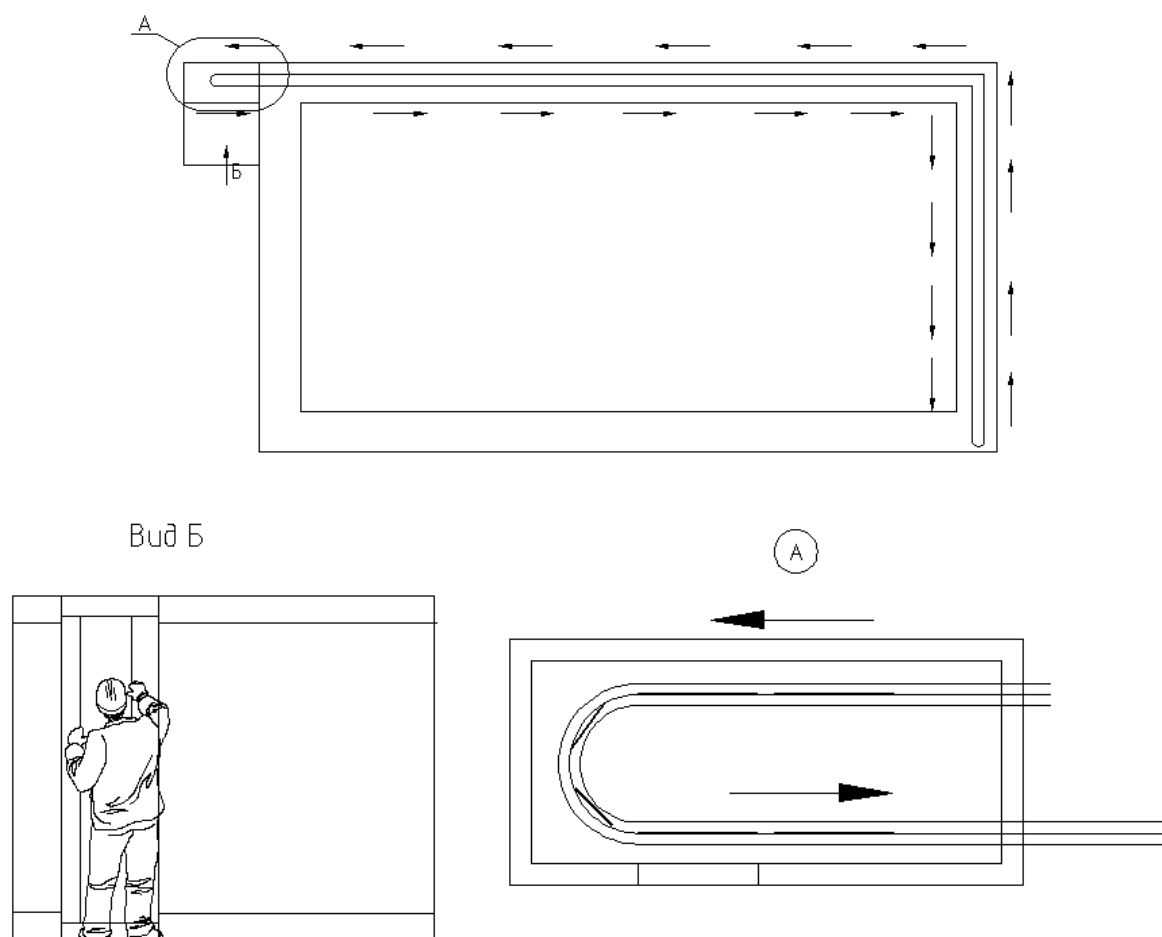


Рисунок 3 – Схема перемещения и замены горизонтальной диафрагмы

Особый интерес вызывает возможность регулирования теплотехнических свойств наружных стен путем использования гибких диафрагм в виде токопроводящих пленок, так называемых электрических матов. Один из вариантов

предусматривает использование тонкого кабеля, закрепленного на стекловолокне или сетке, например, из текстиля. Маты, скрученные в рулоны, могут вставляться в стену и по специальным направляющим раскручиваться внутри стены. При этом наружная часть стены должна иметь слой эффективного утеплителя. В зимний период данная система заполняет внутреннее пространство стены и работает в автоматическом режиме в разных режимах с учетом температуры наружного воздуха (рисунок 4).

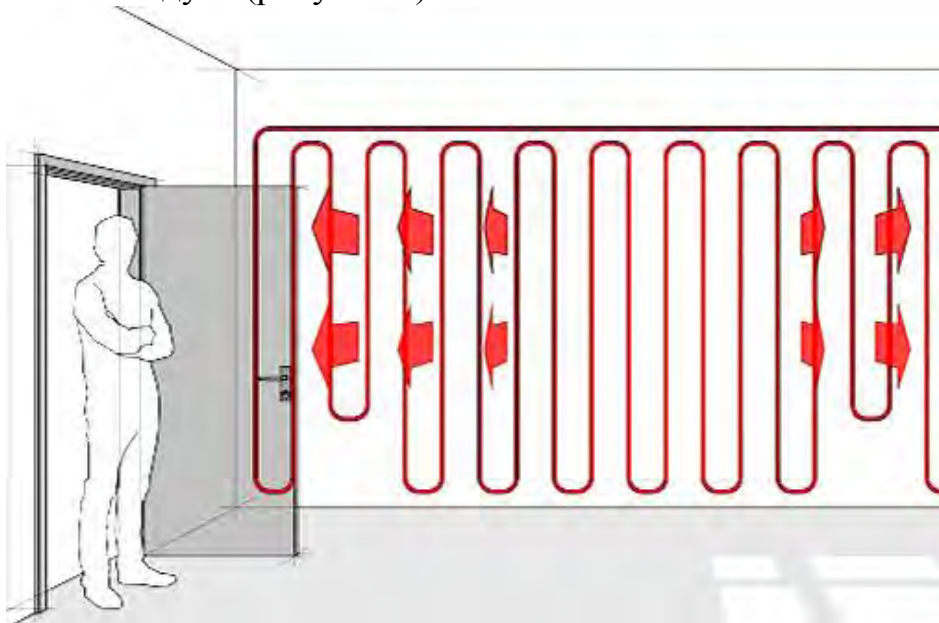


Рисунок 4 - Схема теплых стен с регулируемыми теплофизическими свойствами

В настоящее время в нашей стране здания, как правило, строят с одинаковыми строительно-техническими (несущая способность) и теплофизическими характеристиками (сопротивление теплопередаче) характеристиками ограждающих конструкций не зависимо от этажа, ориентации здания и т.п. Предложенная система позволяет в период особых холодов, которые продолжаются обычно в течение 1-2-х недель, обеспечить комфортные условия проживания благодаря теплым стенам. При этом требуемый воздухообмен в помещениях может быть обеспечен не напрямую через окна, а через воздушную прослойку стены с использованием специальных рекуператоров. Кроме того, мембрана внутри стены может обеспечивать и изменение паропроницаемости и воздухопроницаемости стен, их шумозащитных свойств.

Преимуществом таких теплых стен являются следующие показатели:

- высокий КПД (80-85%) против 60% от радиаторов центрального отопления;
- большая площадь обогреваемой поверхности, за счет чего воздух в помещении нагревается быстрее, что позволяет хорошо сэкономить на потреблении ресурса;
- уникальный тепловой эффект. Температура нагрева теплоносителя гораздо ниже, чем в традиционных батареях. И это тоже способствует экономии. Регулярные траты на оплату отопления жилья снижаются на 6-10% уже в ближайший месяц после установки системы;

– комфортная атмосфера. Теплые стены относятся к так называемому лучистому отоплению. В отличие от конвекционной системы это отопление максимально приближено к природному теплу и положительно влияет на состояние человека. Кроме того, при лучистом отоплении практически не наблюдается циркуляция пыли в воздухе, что облегчает дыхание и улучшает самочувствие жильцов. Приятные тактильные ощущения, когда ладонь дотрагивается не до холодной, а теплой стены, дополняются очевидным ощущением тепла во всей комнате, а не только вблизи радиатора или под ногами.

– отсутствие открытых нагревательных элементов, что исключает ожоги (особенно в доме с маленькими детьми) и не перегревает воздух. Оптимальный уровень влажности в отопительный сезон поддерживать гораздо проще;

– возможность экономии энергии при воздухообмене.

Заключение

Современное состояние техники, технологий и свойств строительных материалов позволяет реализовать управление сопротивлением теплопередаче, паро- и воздухопроницаемости, параметрами шумозащитных характеристик и рядом других свойств ограждающих конструкций. Эти технологии успешно могут быть реализованы как при новом строительстве, так и при выполнении работ по тепловой и инженерной модернизации зданий. Их преимущества перед традиционными технологиями неоспоримы, так как применение новых инновационных технологий позволяет не только уменьшить толщину слоя эффективного утеплителя, но и полностью от него отказаться при условии использования материалов с вариотропными свойствами и достижении заданных значений теплофизических, шумозащитных и других свойств ограждающих конструкций.

Список литературы

1. Патент 2614841 Российская Федерация. Теплоизоляционное устройство/ Дюфорестель Т., Миллевильтем П.-А.; заявитель и патентообладатель ЭЛЕКТРИСИТЕ ДЕ ФРАНС. – № 2014151758; Заявл.11.06.2013; опубл. 29.03.2017, Бюл. №22 – 10 с.

2. Патент 2607561 Российская Федерация. Теплоизоляционная конструкция наружной стены / Макаров А.Н., муравьев П.Н., Куприянов В.Н., Котов В.Г., Макаров Р.А., Гилязова О.С.; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Поволжский государственный технологический университет". – № 2015131657; Заявл.29.07.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. №1 – 5 с.

3. Патент 2382164 Российская Федерация. Солнечный фасад с вакуумированным стеклопакетом / Стребков Д.С., Митина И.В.; заявитель и патентообладатель: Российская Академия сельскохозяйственных наук Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ГНУ ВИЭСХ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ) - № 2008148711/03; Заявл.11.12.2008; опубл. 20.02.2010, Бюл. №15 – 5 с.

4. Патент 2 303684. Российская Федерация. Строительный блок с терморегулируемым пневматическим фасадом/ Король Е.А., Слесарев М.Ю., Теличенко В.И.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Московский государственный строительный университет. - № 2005139176/03; Заявл. 15.12.2005; опубл. 27.07.2007, Бюл. – 5 с.

5. Плотников, В.В. Современные технологии теплозащиты зданий / В.В.Плотников, М.В. Ботаговский. – Брянск: БГИТА, 2013. –164 с.

6. Плотникова, С.В. Влияние ограждающих конструкций на обеспечение экологической безопасности зданий/ С.В.Плотникова, Д.А.Викторов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2015. – № 4 (12). – С.45-51.

7. Плотникова, С.В. Экологические и архитектурные аспекты использования ограждающих конструкций с вакуумированной прослойкой и изменяющимися теплофизическими свойствами / С.В.Плотникова. Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2013. –С. 107-109.

8. Плотников, В.В. Инновационные ограждающие конструкции и материалы для реализации ресурсоэнергоэффективного строительства / В.В.Плотников, М.В. Ботаговский // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2015. – № 4 (12). – С.35-44.

9. Плотников, В.В. Современные конструкционные, теплоизоляционные и отделочные материалы для стен энергоэффективных зданий [Текст] / В.В.Плотников. – Брянск: БГИТА, 2013. - 168 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ СЕРИИ 1-335 В Г.БРЯНСКЕ С ЦЕЛЮ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

Плотников В.В., Стрельцов В.Д.
(БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье представлены результаты тепловизионного обследования крупнопанельных пятиэтажных жилых домов в г.Брянске. Показано, что керамзитобетонные панели имеют сопротивление теплопередаче, соизмеримое с сопротивлением теплопередаче окон. При реконструкции зданий и их капитальном ремонте необходимо предусмотреть повышение теплозащиты до требуемых нормативных значений.

В городе Брянске назрела очень актуальная проблема: что делать с ущербными неэнергоэффективными панельными пятиэтажками, ведь они не только морально себя исчерпали, но имеют и большой физический износ. С позиции сегодняшнего дня так называемые «хрущевки», построенные путем минимизации всех видов затрат, можно бесконечно критиковать, но следует признать, что в истории градостроительства они сыграли свою роль при переселении людей из

подвалов и коммуналок в отдельные, пусть и малогабаритные, квартиры. Лет 15-20 лет назад по всему миру, в том числе и России, прокатилась волна реконструкции таких домов и модернизации городских микрорайонов. Эта волна, к сожалению, прошла мимо города Брянска.

Нами проведено тепловизионное обследование отдельных пятиэтажных жилых домов в г.Брянске. Актуальность исследования их энергоэффективности обусловлена тем, что на сегодняшний день крупнопанельные жилые дома составляют значительную часть жилищного фонда Российской Федерации и, в частности, Брянской области. Остро стоит вопрос о том, имеет ли смысл модернизация этих домов или же наиболее рациональным решением является их снос с последующим возведением на их месте жилых домов с применением современных энергосберегающих технологий.

Наружная и внутренняя тепловизионная съемка жилых домов серии 1-335 была произведена по адресу: г. Брянск ул. Ульянова 117, Ульянова 121. Год постройки – 1971. Тепловизионная съемка с улицы производилась при температуре наружного воздуха -15°C . Съемка внутри здания производилась при температуре $+27^{\circ}\text{C}$ и влажности 32%. Время проведения исследования – 22:30 по московскому времени. Для исследования был применен тепловизор марки Testo 882.

Съемка наружной стены с северо-восточной стороны дома на уровне второго этажа по адресу Ульянова 121 показывает, что основные потери тепла происходят через оконный проем (при этом оконный блок, выполненный по технологии пластикового стеклопакета способствует меньшим теплопотерям по сравнению с исходными деревянными рамами), стыки, а также через само тело керамзитобетонной панели. Стоит отметить, что мероприятия по наружному утеплению панели угловой квартиры возымели эффект, так как потери тепла через утепленную область стены происходят в значительно меньшей степени (рисунок 1).

Съемка с северо-западной стороны наружной стены дома адресу: Ульянова 117, показывает схожие проблемы, а именно: высокие теплопотери через оконные проемы, стыки между панелями, а также в местах примыкания балконной плиты (рисунок 2).

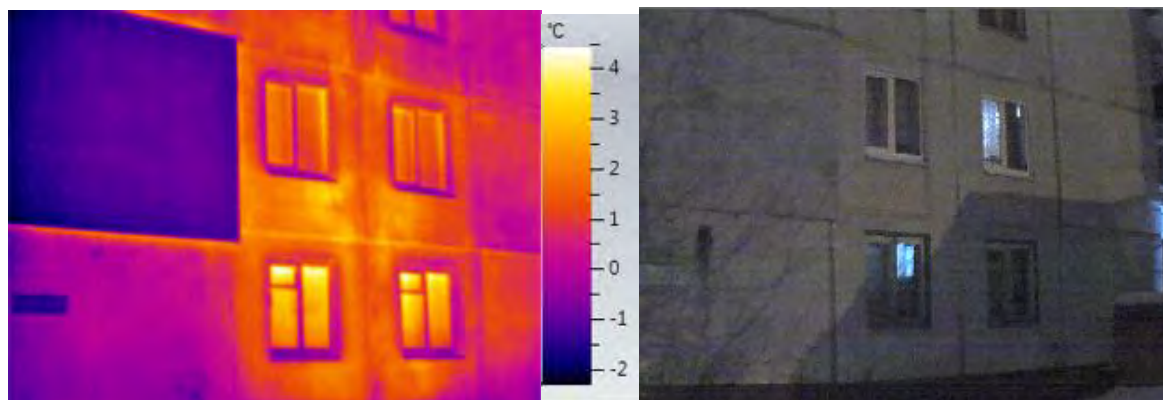


Рисунок 1 – Тепловизионная съемка северо-восточной стороны дома по адресу: ул. Ульянова 121

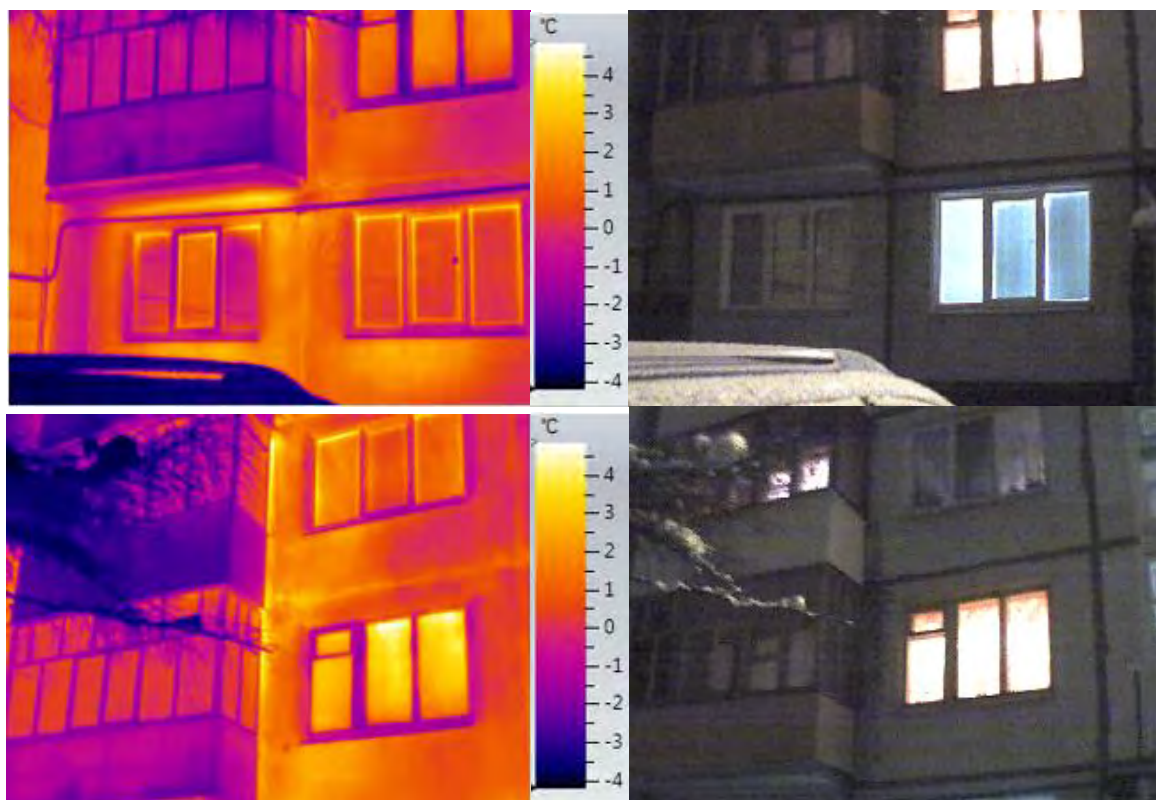


Рисунок 2 – Результаты тепловизионной съемки северо-западной стороны дома по адресу: ул. Ульянова, 117 с северо-западной стороны

Съемка с северо-восточного фасада дома по адресу Ульянова 117 показывает то, что неутепленная часть фасада также обладает значительными теплопотерями (рисунок 3). Примерно одинаковый цвет панелей и окон свидетельствует о том, что их сопротивление теплопередаче находится на уровне $0,4-0,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Мероприятия по утеплению наружной панели угловой квартиры на пятом этаже возымели эффект: потери тепла через данную конструкцию происходят в значительно меньшей степени.

Съемка стыка наружных панелей изнутри здания показала, что в углу помещения температура значительно ниже, чем в квартире в целом (рисунки 4, 5).

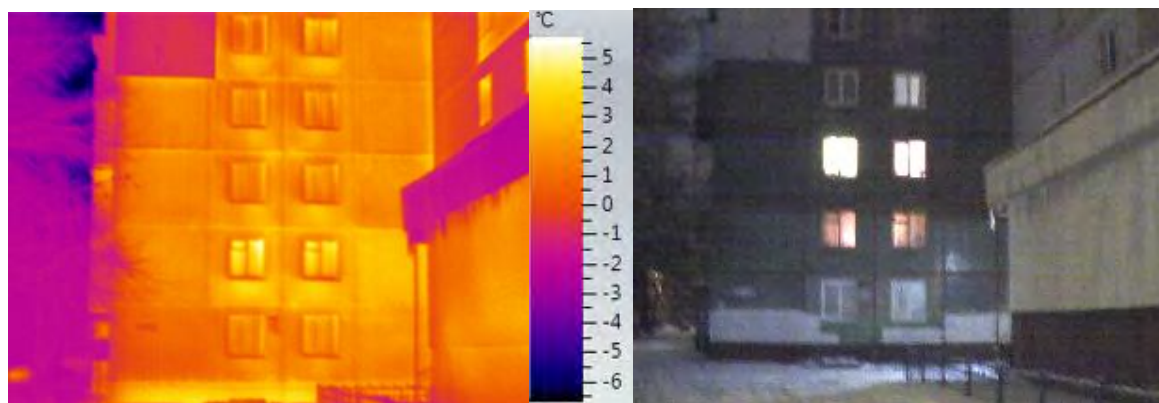


Рисунок 3 – Результаты с тепловизионной съемки фасада дома по адресу: ул. Ульянова, 117, с северо-восточной стороны

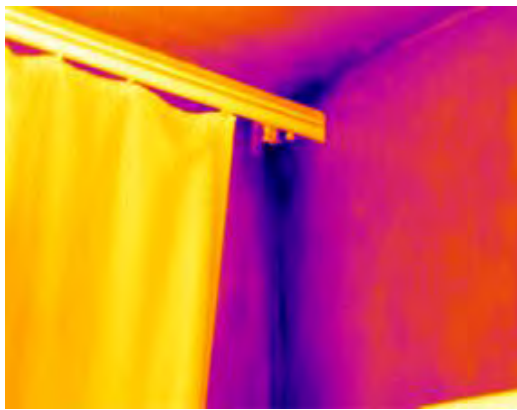


Рисунок 4 – Результаты съемки внутреннего углового стыка наружных панелей дома по адресу: ул. Ульянова, 117

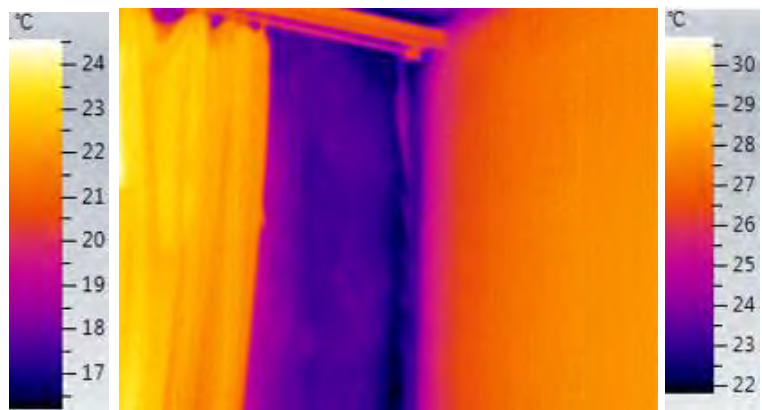


Рисунок 5 – Результаты съемки углового стыка наружной и внутренней межквартирной панелей по адресу: ул. Ульянова, 117

Заключение

1. Тепловизионное исследование пятиэтажных крупнопанельных жилых домов показало, что состояние наружных вертикальных ограждающих конструкций домов по адресам: г. Брянск, ул. Ульянова 117 и г. Брянск ул. Ульянова 121, является далеко не оптимальным с позиции теплозащиты здания.

2. При реконструкции или капитальном ремонте крупнопанельных пятиэтажных домов серии 1-335 требуется разработка мероприятий по минимизации теплопотерь путем наружного утепления керамзитобетонных панелей, а также применения современных и качественных оконных блоков с более высокой степенью теплозащиты.

Литература

1. Плотников, В.В. Современные технологии теплозащиты зданий / В.В.Плотников, М.В. Ботаговский. – Брянск: БГИТА, 2013. –164 с.
2. Плотникова, С.В. Влияние ограждающих конструкций на обеспечение экологической безопасности зданий/ С.В.Плотникова, Д.А.Викторов// Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2015.– № 4 (12).– С.45-51.
3. Плотникова, С.В. Экологические и архитектурные аспекты использования ограждающих конструкций с вакуумированной прослойкой и изменяющимися теплофизическими свойствами / С.В.Плотникова. Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы 3-й Международ. науч.-практ. конф. – Брянск, 2013. – С. 107-109.
4. Плотников, В.В. Инновационные ограждающие конструкции и материалы для реализации ресурсоэнергоэффективного строительства / В.В.Плотников, М.В. Ботаговский // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2015. – № 4 (12).–С.35-44.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СТЕНА С ВАРИОТРОПНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С КАРКАСОМ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Плотникова С.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье рассматриваются проблемы энергосбережения и повышения экологической безопасности при эксплуатации многоэтажных зданий из монолитного железобетона с самонесущими стенами. Показано, что дополнительные энергопотери вызваны наличием «мостиков холода» в многослойных стенах, выполненных с применением кирпича в качестве облицовочного слоя и блоков из ячеистого бетона. В статье представлена самонесущая энергосберегающая наружная стена для каркасных энергоэффективных зданий.

При возведении многоэтажных зданий с каркасом из монолитного железобетона наружные стены имеют различное конструктивное решение для обеспечения требуемой теплозащиты зданий. В настоящее время для таких зданий чаще всего применяют многослойные стены, выполненные с применением кирпича в качестве облицовочного слоя и блоков из ячеистого бетона для внутреннего слоя, для перевязки которых, как правило, применяются металлические сетки.

При реализации таких конструктивных решений установлено, что до 10-15 % потребляемой тепловой энергии здание теряет дополнительно из-за наличия «мостиков холода». Особенно это наглядно при проведении тепловизионных исследований каркасных монолитных зданий с самонесущими стенами (рисунок 1). Наличие светящихся точек в торцах перекрытий из монолитного железобетона вызвано устройством так называемой перфорации плит с использованием вкладышей из эффективного утеплителя (рисунок 3).

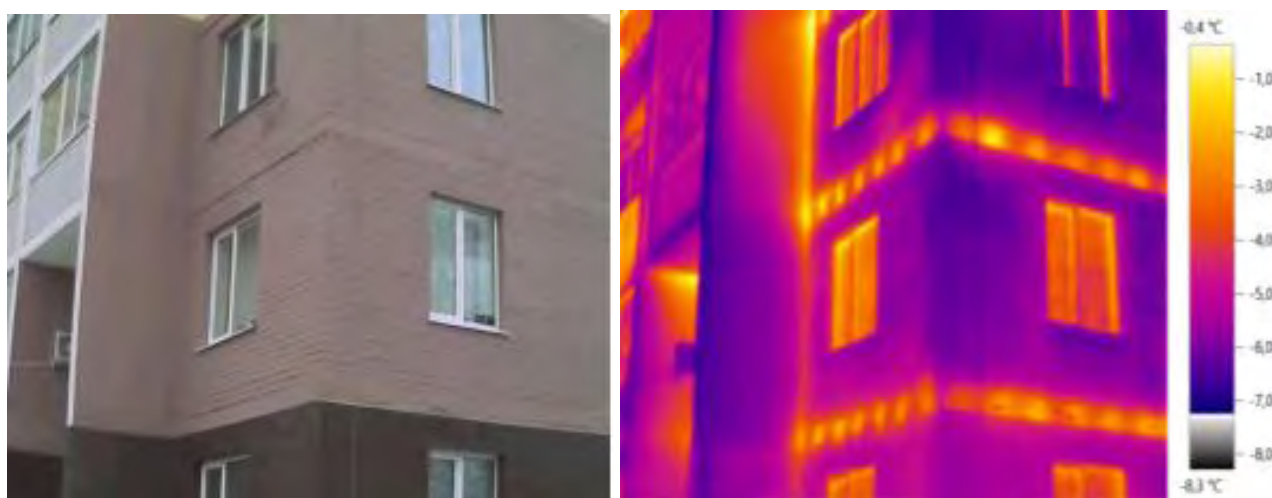


Рисунок 1 – Потери тепла через монолитные перекрытия

При таком решении тепло уходит через густоармированные участки плит перекрытия, расположенные между теплоизоляционными вкладышами. Кроме

того, дополнительные потери тепла вызваны армированием через определенное количество рядов с помощью горизонтальных металлических сеток многослойных стен, выполненных из кирпича и блоков.

Следует отметить, что стены в определенных местах из-за неоднородной структуры стен и перекрытий могут приводить к значительному снижению температуры внутренних поверхностей ограждающих конструкций и способствовать появлению конденсата при снижении температуры ниже точки росы. Это приводит, в свою очередь, к появлению плесени, тем самым снижая экологическую безопасность помещений жилого здания. Вследствие этого разработка энергосберегающих конструктивных решений наружных стен является актуальной задачей для строительства энергоэффективных зданий. Необходимость ликвидации «мостиков холода» обусловлена не только энергосберегающими соображениями, но и требованием санитарно-гигиенических норм.

Кроме того, на границе кирпичной кладки и кладки из блоков из ячеистого бетона возникает зона накопления конденсата из-за разной паропроницаемости кирпича и блоков из ячеистого бетона. Так как наружный слой из кирпича, в данном случае, является паробарьером, а при отрицательных температурах кирпич быстро промерзает, то в зимний период граничный слой из ячеистого бетона накапливает влагу и разрушается при замерзании воды. Это явление снижает долговечность стены и ее эксплуатационные свойства.

На сегодня актуальной является задача создания конструкции энергосберегающей стены, обеспечивающей высокие теплозащитные свойства для любой части здания при обеспечении долговечности конструкции и минимальных материальных и трудовых затрат на ее устройство.

Ниже представлена конструкция самонесущей энергосберегающей наружной стены, содержащая наружный облицовочный слой из кирпичной кладки, внутренний слой из блоков, изготовленных в заводских условиях из ячеистого бетона с вариотропными свойствами по паропроницаемости. В узлах соединения железобетонных элементов каркаса здания со стеной наружный облицовочный слой, армированный проволоочной арматурой и отделенный от железобетонных элементов утеплителем, крепится к внутреннему слою в каждом общем для наружного и внутреннего слоев горизонтальном шве полосой тканого на основе однонаправленных высокопрочных углеродных волокон холста, шириной не более толщины наружного облицовочного слоя, укладываемого под углом 45 градусов к наружной поверхности стены с перегибом на расстоянии не менее 1 см от плоскости внешней и внутренней поверхностей стены (рисунки 2, 3).

Укладка холста из углеродных волокон шириной не более ширины наружного слоя под углом 45 градусов позволяет сэкономить армирующий материал и обеспечить прочное соединение всех слоев стены и повышение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции. Отличительной особенностью высокопрочных углеродных волокон является их высокая прочность на растяжение и разрыв, достигающая значений 7000 МПа, отсутствие деформаций, термическая и радиационная стойкость, низкий коэффициент температурного расширения (коэффициент теплопроводности – 0,8 Вт/(м· К), коэффициент линейного расширения $1,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$).

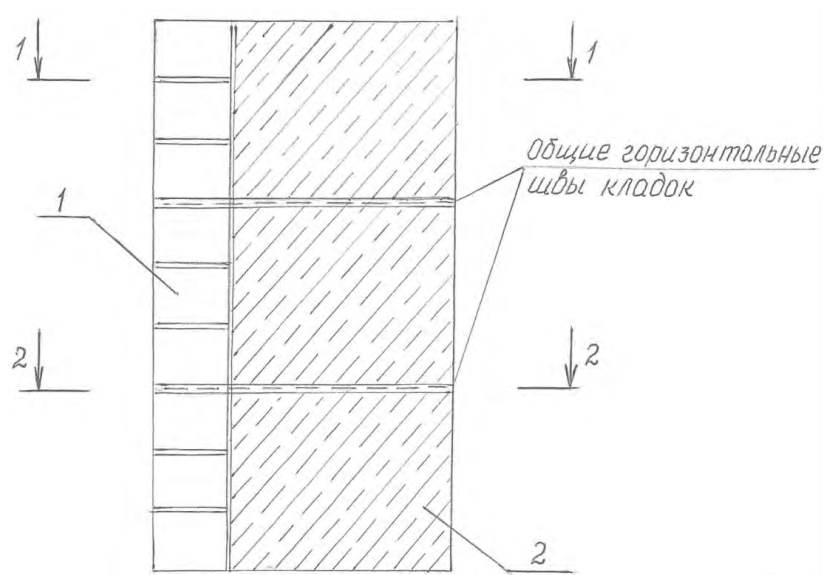


Рисунок 2 – Конструкция самонесущей наружной стены: 1 – наружный слой из кирпича; 2 – внутренний слой из ячеистобетонных блоков с вариотропной паропроницаемостью

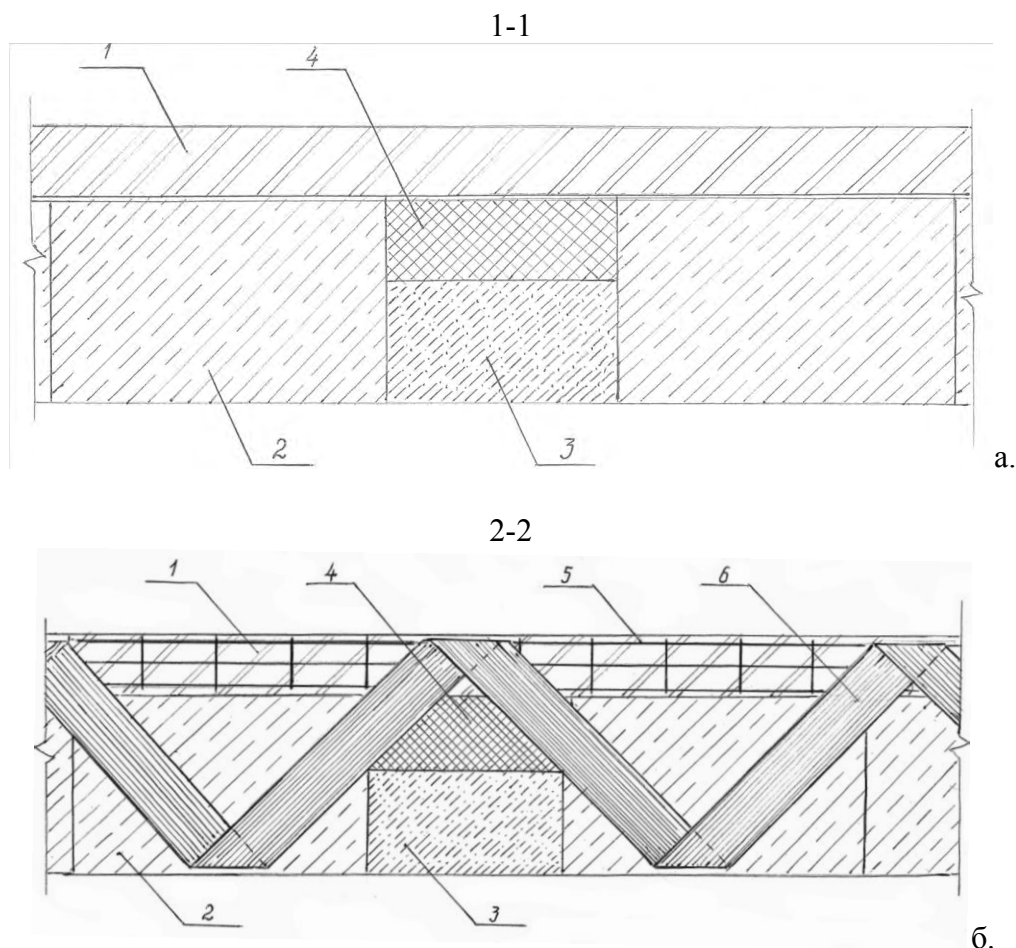


Рисунок 3 – Разрез 1-1 (а) и 2-2 (б) стены, изображенной на рисунке 2: 1 – наружный облицовочный слой из кирпичной кладки; 2- внутренний слой из ячеистобетонных блоков с вариотропной паропроницаемостью; 3 – железобетонный элемент каркаса здания; 4 – эффективный утеплитель, например, плиты из минеральной ваты; 5 – сетка из проволоочной арматуры; 6 - тканый холст на основе однонаправленных высокопрочных углеродных волокон, шириной не более ширины наружного слоя стены

Блоки для внутреннего слоя стены выполнены из ячеистого бетона с вариотропными свойствами по паропроницаемости μ , плавно изменяющейся по поперечному сечению блока, начиная от внутренней грани стены от значений μ не более 0,10 мг/(м·ч·Па) до значений μ не менее 0,23 мг/(м·ч·Па) к середине блока и дальнейшем уменьшении к границе с облицовочным кирпичом до значений μ не более 0,11 мг/(м·ч·Па). Значения $\mu=0,11$ мг/(м·ч·Па) имеет кирпичная кладка из силикатного или глиняного обыкновенного сплошного кирпича плотностью 1800 кг/м³ (таблица Т1) [1]. Значения паропроницаемости 0,23-0,30 мг/(м·ч·Па) соответствует ячеистым бетонам плотностью 300-400 кг/м³ [1]. При этом вариотропная паропроницаемость блоков из ячеистого бетона одной плотности обеспечивается в заводских условиях известными способами [2] путем введения в граничные слои специальных добавок, уменьшающих паропроницаемость. При указанном изменении паропроницаемости отсутствует зона накопления влаги на границе блоков из ячеистого бетона и облицовочного кирпичного слоя, что способствует повышению долговечности материалов и сохранению ими своих эксплуатационных свойств. На конструкцию самонесущей энергосберегающей наружной стены получен патент на полезную модель [3].

Анализ экономической эффективности предлагаемого решения с учетом срока службы показал, что предлагаемая конструкция стены более чем на 15% экономичнее по сравнению с традиционными проектными решениями и может успешно использоваться при строительстве многоэтажных каркасных зданий.

Список литературы

1. СП 50.133330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
2. Патент №2243190. Дата публикации: 27.12.2004. Бюл. №36. Королев А.С., Волошин Е.А., Трофимов Б.Я., Шаимов М.Х., Кузьменко С.А. Способ изготовления вариотропных ячеистобетонных изделий.
3. Конструкция самонесущей энергосберегающей наружной стены / Плотникова С.В.; патент на полезную модель №184030 от 12 октября 2018 г.

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПАССИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Плотникова С.В., Иванов М.А, Воцило О.Г., Гришин Р.В.
(БГИТУ г. Брянск, РФ)

В статье рассматриваются вопросы, связанные с целесообразностью проектирования и строительства пассивных жилых домов в Брянской области. Приведены основные требования к тепловой защитной оболочке и системам жизнеобеспечения пассивных жилых домов. Расчет экономической эффективности энергосберегающих мероприятий и строительства пассивных зданий предлагается вести с учетом прогноза изменения стоимости энергии, инфляционных и кризисных явлений в экономике.

Сегодня широко используются понятия, в том числе и к жилым зданиям как «Энергоэффективный дом», «Пассивный дом», «Активный дом». Понятно, что смысл этих понятий всегда будет меняться с течением времени с учетом изменений требований к зданиям по удельному потреблению тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию.

Наиболее точно энергоэффективное здание характеризует следующее определение. Энергоэффективное здание - энергетическая система с оптимальным для существующих технико-экономических условий уровнем потребления тепловой энергии и возможностью дальнейшего дополнения оборудованием, снижающим расход энергии при эксплуатации. Это развивающееся с точки зрения уровня тепловых потерь здание, энергетические характеристики которого изменяются по мере развития энергоэффективных технологий, оставаясь оптимальными все время жизни здания [1].

На сегодня из анализа зарубежных источников можно выделить следующие отличительные особенности пассивных зданий [2, 3]:

– годовой уровень потребления энергии на отопление меньше $15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$;

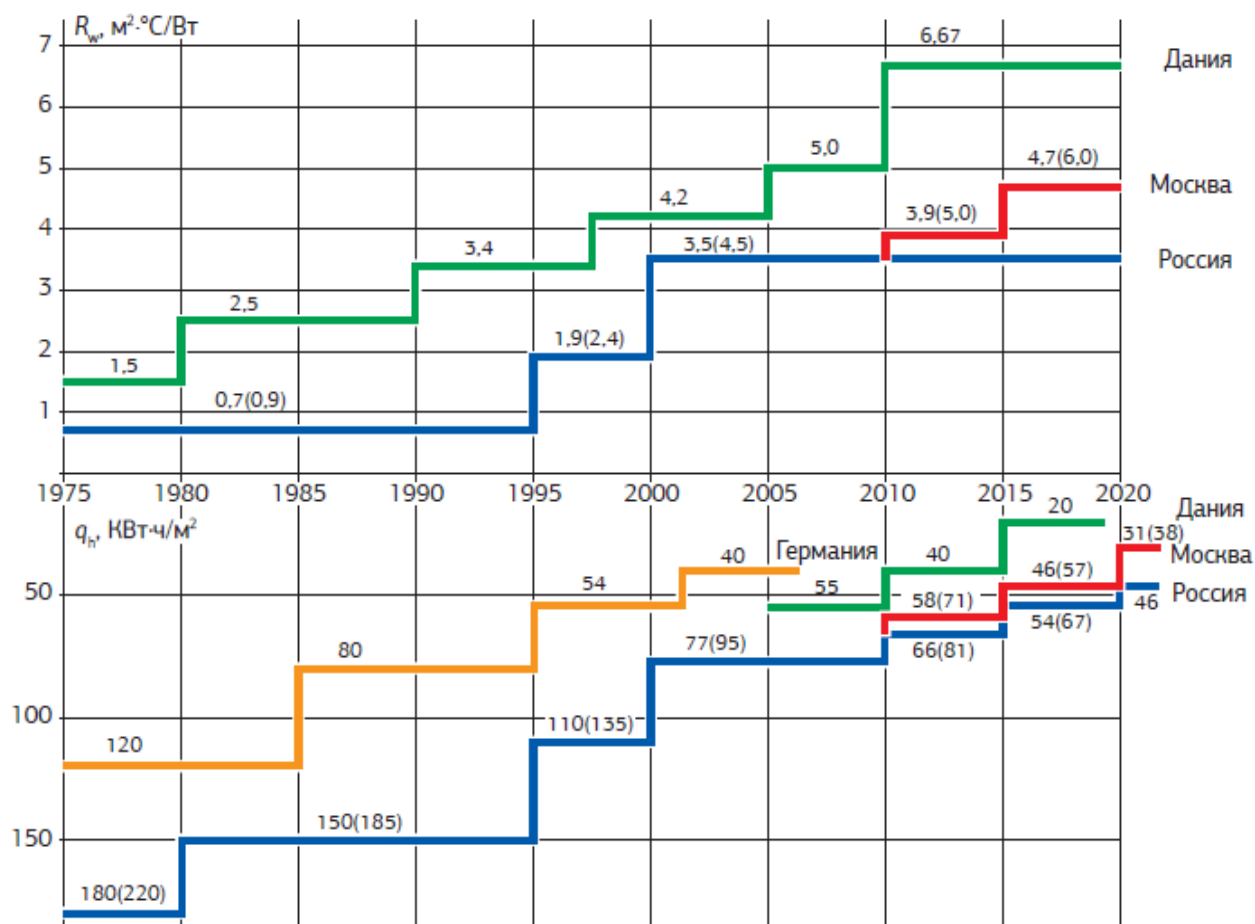


Рисунок 1 – Динамика изменения нормативных значений: верхняя часть рисунка – сопротивление теплопередаче по глади наружных стен жилого дома (без оконных и дверных проемов), отнесенного к необходимому для 3 000 градусо-суток отопительного периода (в скобках для условий Москвы), $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; нижняя часть – динамика удельного расхода тепловой энергии на отопление многоквартирного дома за отопительный период, отнесенного к м^2 площади пола отапливаемых этажей для условий Дании (в скобках для условий Москвы), $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$

- однородная герметичная тепловая защитная оболочка без мостиков холода с сопротивлением теплопередаче не менее $10 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;
- использование принудительной приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла вентиляционных выбросов;
- сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций не менее $1,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

В развитых странах, находящихся на примерно одинаковом удалении от полюсов Земли с Россией, интенсивное движение в сторону экономии энергии при эксплуатации зданий в зимний период было начато на 30-50 лет раньше, чем в России (рисунок 1). Начиная с 1995 года и Россия, наконец, приняла ряд нормативных документов по обеспечению повышенной тепловой защиты зданий с целью экономии энергетических затрат при эксплуатации зданий.

Новые подходы потребовали развития конструктивно-технологических систем зданий, обеспечивающих гибкость объемно-планировочных решений, снижение материалоемкости, уменьшение энергозатрат при их последующей эксплуатации путем повышения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и использования воздухонепроницаемых окон с повышенным сопротивлением теплопередаче.

В основном, с учетом увеличения стоимости энергии, были приняты меры по утеплению оболочки зданий. Системы жизнеобеспечения, оказывающие огромное влияние на энергетические характеристики зданий: системы вентиляции, горячего водоснабжения, электроснабжения, остались, по сути дела, без изменения. Для Брянской области с учетом продолжительности отопительного сезона сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, установленное нормативными документами, колеблется в пределах $3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Одной из самых серьезных ошибок при проектировании энергоэффективных зданий в нашем регионе, как и по всей России, является отсутствие системного подхода. С учетом известных значений теплопотерь через ограждающие конструкции зданий (рисунок 2), основной акцент сделан в сторону повышения характеристик тепловой оболочки зданий за счет оптимизации конструктивно-технологических и объемно-планировочных решений, но не инженерных систем.

Основным недостатком существующих подходов к проектированию является то, что каждый элемент здания рассматривается в отрыве от остальных. Это не позволяет создать здание, функционирующее как единая энергетическая система. Например, в Брянской области при проектировании жилых зданий снижение уровня эксплуатационных теплопотерь стараются достичь только путем утепления ограждающих конструкций. При этом многие проектные решения ограждающих конструкций не выдерживают критики с позиции долговременного сохранения своих свойств и экологии. Сохранение в зданиях естественной вентиляции без механического побуждения привело к тому, что в зимний период при соблюдении требуемого воздухообмена на вентиляционные выбросы приходится до 60% теплопотерь (рисунок 3). Как показали наши исследования, нормативный воздухообмен в жилых зданиях обеспечивается только на 10-20%, что, в свою очередь, приводит к негативным явлениям, связанным с ухудшением качества воздушной среды, нарушением температурного и влажностного режимов.



Рисунок 2 – Потери тепловой энергии через ограждающие конструкции домов

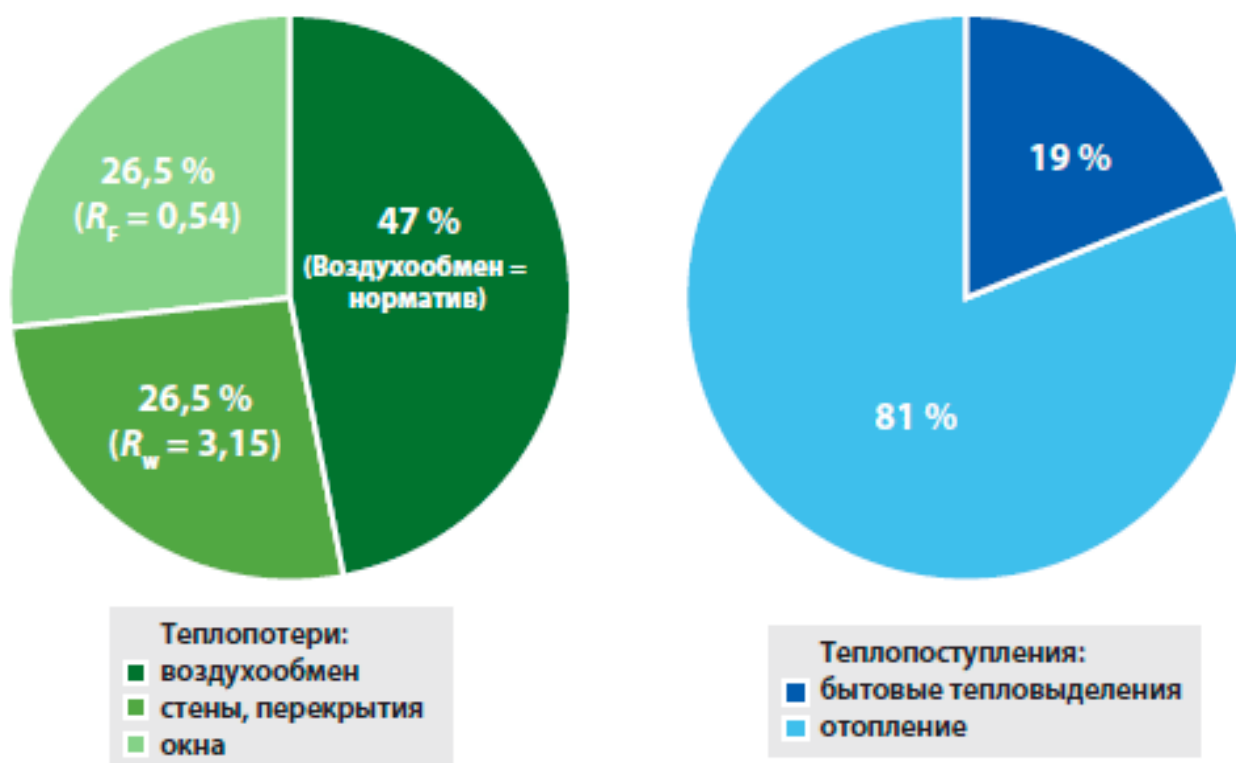


Рисунок 3 – Диаграммы теплопотерь и теплопоступлений в многоквартирных домах, построенных с 2000 по 2018 годы в Брянской области

Для снижения теплопотерь и повышения экологической безопасности, снижения шума в помещениях жилых зданий необходимо разработать и применить инновационные решения ресурсосберегающих стен [4], однородной тепловой оболочки с отсутствием мостиков холода, например, вакуумированных

ограждающих конструкций, а также перейти к проектированию зданий с механической приточно-вытяжной вентиляцией с рекуперацией тепла уходящего из помещений воздуха при воздухообмене.

Следует отметить, что в г.Брянске сопротивление теплопередаче в большинстве случаев в настоящее время имеет значения $R=1,8-2,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, при этом часто для обоснования этих значений приводится график зависимости теплопотерь от сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, свидетельствующий как бы о том, что нецелесообразно повышать R выше $2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (рисунок 4). В скандинавских странах нормативные значения R для стен достигают значений $5-7 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, при этом энергосберегающие мероприятия окупаются в течении 5-10 лет.

Следует отметить, что при определении зависимости теплопотерь здания от сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций необходимо учитывать условия эксплуатации здания, особенно работы систем вентиляции. Дап, при естественной вентиляции возможно зависимость будет выглядеть как на рисунке 4, но при применении энергосберегающих систем вентиляции, например, с использованием рекуператоров, кривые будут носить более пологий характер и повышение R для стен до $5-6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ будет актуальным (рисунок 5).

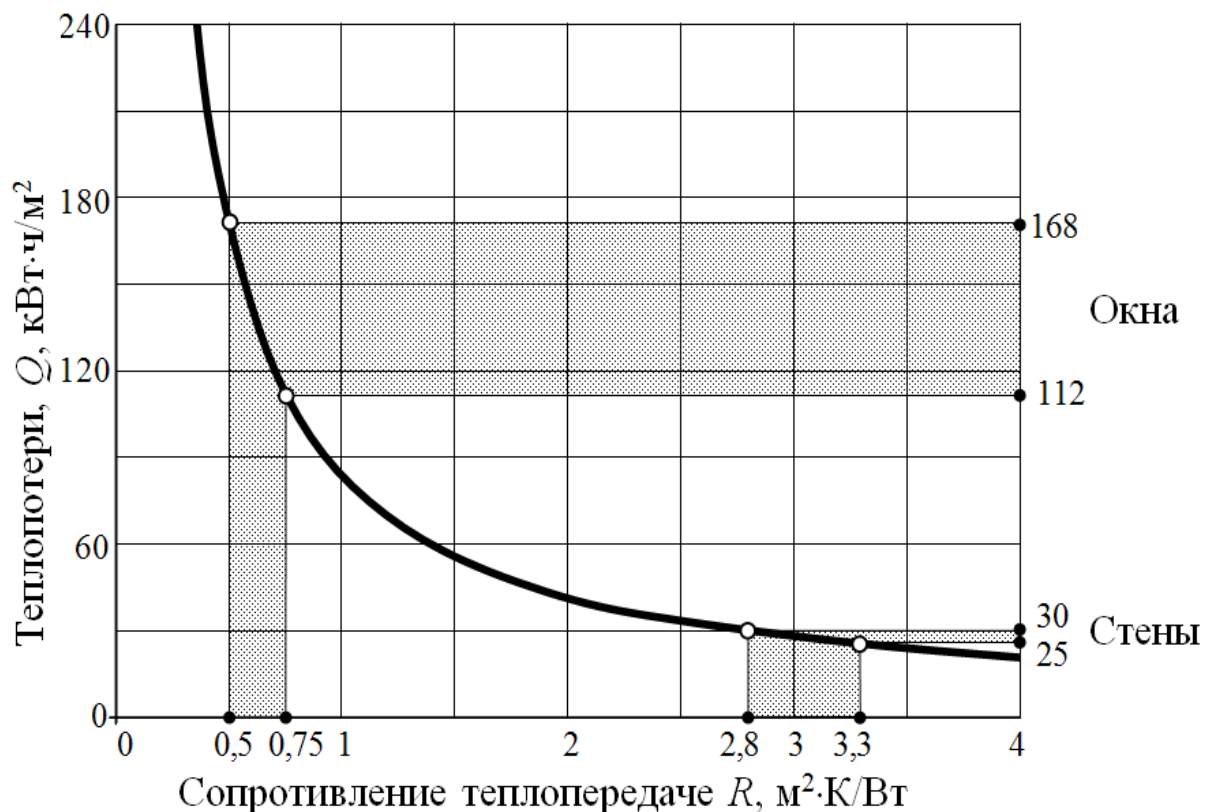


Рисунок 4 – Влияние сопротивления теплопередаче на теплопотери через 1 м^2 ограждающей конструкции

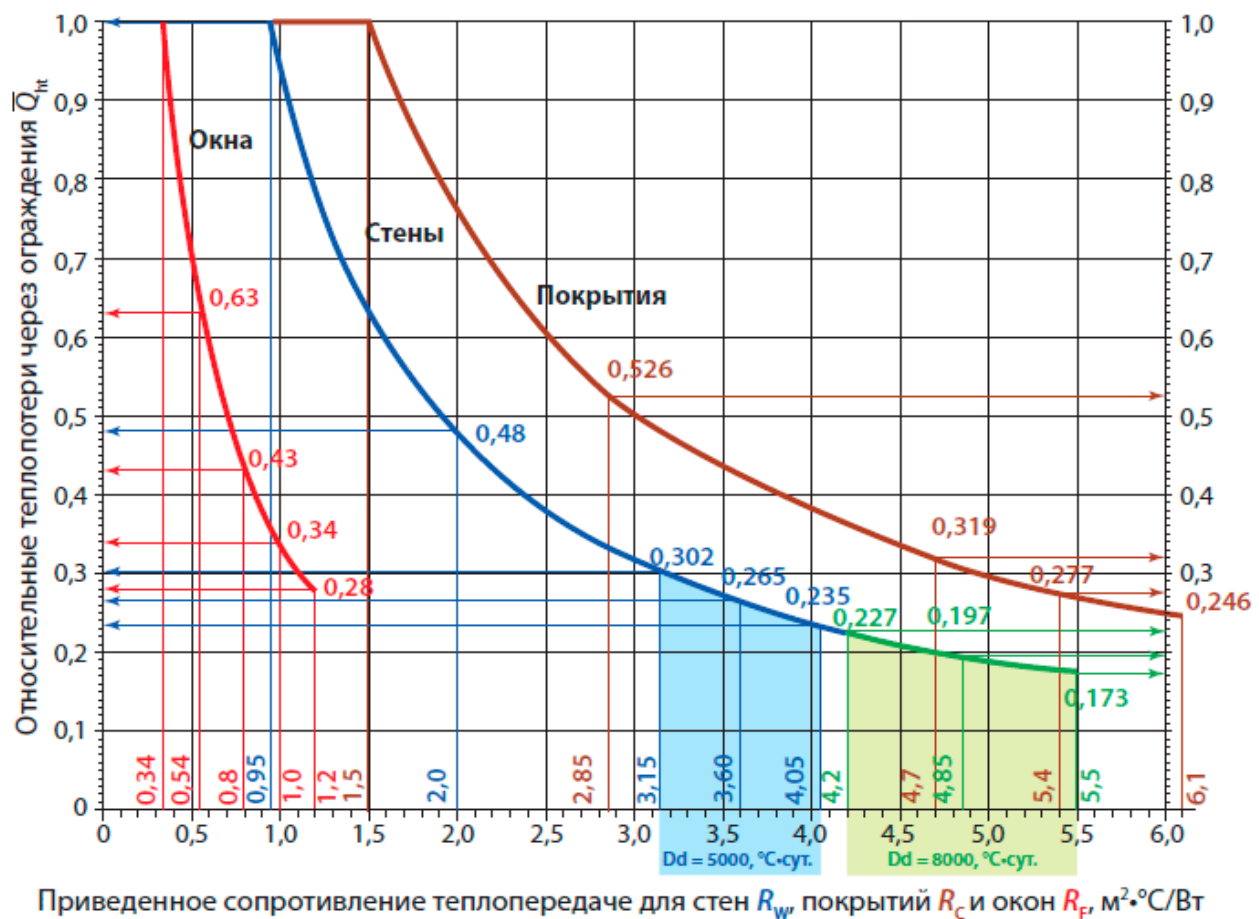


Рисунок 5 – Изменение относительных теплотерь через ограждающие конструкции зданий при повышении их теплозащиты

Реализация существующей схемы вентиляции помещений путем открывания окон или форточек приводит к тому, что качество воздуха в квартирах нижних этажей зданий г.Брянска, расположенных рядом с автомагистралями, не соответствует существующим санитарным нормам вследствие загрязнения наружного воздуха. Также установлено, что при проветривании в отдельных жилых помещениях таких домов возникает уровень шума выше установленных пределов. Кроме того, обеспечение воздухообмена с помощью естественной вентиляции не позволяет решить задачу использования внутренних источников тепла и поступающей в помещение солнечной энергии в общей системе теплоснабжения здания.

Если реализовывать идею пассивного дома в нашем регионе, то есть проектировать здания так, чтобы средняя мощность теплотерь за отопительный сезон равнялась мощности внутренних и бытовых тепловыделений, с учетом экономического и технического состояния строительной отрасли в регионе можно сформулировать следующие требования:

- 1) стоимость строительства должна возрасти несущественно;
- 2) использовать при строительстве уже известных и освоенных технологий в развитых странах;
- 3) годовой уровень потребления энергии на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию должен быть не более 30 кВт·ч/м².

Снижение затрат энергии на отопление и горячее теплоснабжение зданий может быть достигнуто только при системном подходе: утепления оболочки здания, утилизации тепла вентиляционных выбросов, сточных вод, оптимизация систем теплоснабжения и горячего водоснабжения. При этом определяющим фактором при проектировании пассивных зданий и выборе тех или иных энергосберегающих решений является их экономическая целесообразность.

Раньше в нашей стране основным критерием при выборе инвестиционных проектов был срок окупаемости капитальных затрат [5]:

$$T = Z_0 / \Delta \mathcal{E}, \quad (1)$$

где: Z_0 – капитальные затраты; $\Delta \mathcal{E}$ – дополнительный годовой доход от внедрения.

Нормативный срок окупаемости задавался в пределах 8-12 лет.

В настоящее время приняты новые экономические подходы при определении экономической эффективности инновационных мероприятий [6, 7], учитывающие предполагаемую доходность вложенных средств. Для оценки эффективности вложения инвестиций используют полный дополнительный доход $\mathcal{E}$, который может быть получен за срок эксплуатации энергосберегающих мероприятий с учетом наращивания под проценты промежуточных доходов от реализации мероприятия, т.е. наращенный доход [8]. При этом необходимо рассматривать развитие строительной отрасли и ЖКХ, в том числе и проектируемых энергоэффективных мероприятий, с учетом общих тенденций развития общества. Понятно, что лучшей ситуацией для разработки и реализации энергосберегающих мероприятий является стабильное состояние общества, т.е. отсутствие инфляционных процессов, стабильные цены на энергоносители, постоянство кредитной ставки в банках, что, к сожалению, мы в последние десятилетия не наблюдаем в нашей стране. Наше общество развивается в условиях постоянно действующих инфляционных процессов. С учетом развивающегося мирового финансового кризиса и международной обстановки можно прогнозировать в течение последующих трех лет индекс потребительских цен не менее 15-20% в год. Стоимость энергоносителей и энергии в эти годы также не оставалась постоянной, она росла, как и индекс инфляции и банковский процент при выдаче долгосрочных кредитов.

В ряде работ предлагается подход к определению экономически оптимального значения сопротивления теплопередаче R ограждающих конструкций здания как значения, минимизирующего разность затрат на выполнение дополнительной теплоизоляции и экономического эффекта, приносимого этим мероприятием в течение определенного времени [9-11]. При этом могут иметь место ситуации, когда с учетом банковского дисконта это мероприятие никогда не окупится. Условие окупаемости затрат, приведенное в [9] выглядит так:

$$\Delta \mathcal{E} / Z_0 > p, \quad (2)$$

где p – процентная ставка по кредиту в банке. Неравенство достаточно очевидно, его смысл в том, что ежегодный экономический эффект, выражаемый в стоимости сэкономленной энергии, должен покрыть выплаты по процентам и частичное погашение основной суммы кредита. Недостатком предложенных подходов можно считать отсутствие учета увеличения стоимости энергии в течение срока использования мероприятия и учет возможных финансовых кризисов в этот период.

Существуют и другие подходы, предлагающие осуществлять расчет экономической эффективности с учетом прогноза изменения стоимости энергии, инфляционных и кризисных явлений в экономике [12]. Во время кризиса всегда происходит девальвация денег и скачкообразное снижение их стоимости. Стоимость энергии может снизиться на кратковременном периоде, но она быстро возвращается к исходному уровню и продолжает расти дальше. При этом окупаемость энергоэффективного мероприятия в условиях роста стоимости энергетических ресурсов и инфляционных процессов возможна только при условии:

$$\Delta \mathcal{E} / Z_0 > \alpha(1+p) - (1+p_1). \quad (3)$$

Таким образом, для строительства пассивных жилых домов в г.Брянске необходимо провести технико-экономический анализ не только высокоэффективных энергосберегающих технических решений, но и экономическое обоснование их применения с целью окупаемости затрат с учетом прогноза изменения стоимости энергии, инфляционных и кризисных явлений в экономике страны [13, 14, 15, 16].

Заключение

Основными задачами для строительства пассивных зданий в Брянской области являются следующие:

- применение инновационных решений ограждающих конструкций с высоким термическим сопротивлением;
- оптимизация теплозащитных свойств оболочки здания с учетом климатических и архитектурных особенностей и соотношения экономии энергии к затратам;
- решение задачи поддержания оптимальных температурно-влажностных условий путем выбора рациональной системы принудительной приточновытяжной вентиляции с рекуперацией тепла вентиляционных выбросов;
- оптимизация конструкции теплообменника – рекуператора обеспечивающей эффективную работу в конкретных условиях проектирования;
- разработка оптимальных решений использования возобновляемых источников энергии и утилизация вторичных энергоресурсов в энергоснабжении здания;
- экспериментальное строительство пассивного индивидуального здания и исследования его энергоэффективности.

Литература

1. Данилевский, Л. Н. Энергоэффективные жилые здания: тепловая защита, утилизация тепловых выбросов, измерение теплоэнергетический показателей /Л. Н. Данилевский. – Минск, 2018. – 534с.
2. W.Feist Das kostengünstige Passivhaus – Proektbeschreibung/ Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser. Protokolband №1 Darmstadt 1996. s. 9 – 21
- 3 W.Feist Gestaltungsgrundladen Passivhäuser/ Verlag das Beispiel, 2001. Passivhäuser 38 E.U. von Weizsäcker, A. B. Lovins, L.H. Lovins. Faktor Vier. - München, 1996, 352 s.
4. Конструкция самонесущей энергосберегающей наружной стены / Плотникова С.В.; патент на полезную модель №184030 от 12 октября 2018 г.
5. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР. –М.: АН СССР, 1966г
6. Нормативно-методические материалы по выполнению «Ежегодного анализа и прогноза развития ЕЭС и ОЭС России на десятилетний период». - М. ОАО «Энергосеть-проект», 2001г.
7. Табунщиков, Ю. А. И. Н. Ковалев, Е.О. Гегуева. - Оценка экономической эффективности инвестиционных средств в энергосберегающие здания/Ю.А. Табунщиков, И. Н. Ковалев, Е.О. Гегуева. - АВОК. -2004. №7, с.36-40.
8. Дмитриев, А.Н. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. / А. Н. Дмитриев, Ю. А. Табунщиков, И. Н. Ковалев, Н. В. Шилкин Техническая библиотека НП АВОК. - Москва, «АВОК-ПРЕСС», 2005г.
9. Гагарин, В. Г. - Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Часть 1/ В. Г. Гагарин, «АВОК», №1, 2009, с. 10-16.
10. Гагарин, В. Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Часть 1/ В. Г. Гагарин, «АВОК», №2, 2009, с. 14-23.
11. Гагарин, В. Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Часть 1/ В. Г. Гагарин, «АВОК», №3, 2009, с. 62-66.
12. Данилевский, Л.Н. «Методика расчета экономической целесообразности энергоэффективных мероприятий» / Л.Н. Данилевский. Строительная наука и техника, №5, 2009-с. 12-17
13. Плотникова, С.В. Влияние ограждающих конструкций на обеспечение экологической безопасности зданий/ С.В.Плотникова, Д.А.Викторов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2015.- № 4 (12).- С.45-51.
14. Плотникова, С.В. Экологические и архитектурные аспекты использования ограждающих конструкций с вакуумированной прослойкой и изменяющимися теплофизическими свойствами // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-

коммунальном и дорожном комплексах: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. - Брянск, 2013. - С.107-109.

15. Плотников, В.В. Инновационные ограждающие конструкции и материалы для реализации ресурсоэнергоэффективного строительства / В.В.Плотников, М.В.Ботаговский // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. — 2015. — № 4 (12). — С.35-44.

16. Плотников В.В., М.В. Ботаговский. Современные технологии теплозащиты зданий. — Брянск: БГИТА, 2013. —164 с

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ СО СВЕТОПРОЗРАЧНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сергеева Н.Д., Ковалев Р.Б. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Практика применения светопрозрачных конструкций, в их числе и стеклянных оболочек, выявила проблему обеспечения прочности и энергоэффективности. Наличие большого диапазона известных технологий устройства стеклянных оболочек зданий, в том числе с применением инновационных видов стекла в градостроительстве, привело к необходимости оценки соответствия требований по энергоэффективности, прочности и сроку службы, а также стоимости. По мнению авторов, тема актуальна, а решение обозначенных проблем должно осуществляться на системном подходе, при этом важно обеспечить реализацию важного эксплуатационного фактора – обеспечение комфортных условий для человека, путем устройства современных систем контроля микроклимата помещений.

Современная архитектура в практике градостроительства расширила границы использования традиционных строительных материалов, все больше заменяя их на металл и стекло. Неограниченные возможности по достижению самых смелых дизайнерских решений при строительстве зданий из стеклянных оболочек, оригинальных проектов зданий в урбанистическом стиле, направлены на улучшение архитектурного облика городов. Здания со светопрозрачными ограждающими конструкциями эстетичны, характеризуются высоким эффектом освещенности внутренних помещений, а, следовательно, снижением уровня энергопотребления для освещения, приближают природу и не ограничивают проникновение солнечного света. Современное строительство высотных зданий редко обходится без светопрозрачных фасадов. Использование стекла для отделки фасадных систем зданий придает им урбанистический стиль в архитектурном облике. Созданию такого эффекта способствуют неограниченные возможности дизайна. Стекло, используемое в светопрозрачных фасадных системах, обладает рядом свойств, отличающих его от традиционных оконных в силу необходимости решения ряда архитектурных и конструктивных задач, а именно: светопропускание для естественного освещения внутренних помещений, шумоизоляция, прочность, теплозащита, защита от перегрева в жаркое время, требования к

эстетическим свойствам и др. [2,10,11]. Промышленное производство различных видов стекла, обладающих новыми функциональными и декоративными свойствами, значительно расширило возможности для архитекторов и конструкторов.

С учетом основных свойств современных стекол предлагается их классификация, при которой определяются следующие традиционные виды стекла, а именно ламинированные, закаленные, армированные, энергосберегающие, солнцезащитные, окрашенные в массу, окрашенные [2].

Так, например, ламинированные стекла или триплекс, склеенное из двух и более стекол при помощи пленки или специальной жидкости, придают стеклу одностороннюю видимость за счет эффекта поляризации, ударопрочны, а при разрушении стекло не рассыпается на осколки.

Инновационные виды стекла, прогрессивные технологии каркасного и бескаркасного строительства зданий не ограничивают фантазию архитектора по созданию самых смелых дизайнерских решений. Особенно эффектно использование стеклянных оболочек в высотных зданиях урбанистического стиля. Несмотря на то, что первое стеклянное здание было построено в 1892 г. более полувека технологии не развивались в том числе по причине отсутствия решений по преодолению ряда проблем при их эксплуатации. К числу недостатков относятся сложность мойки стеклянных наружных поверхностей и наличие существенных затрат на поддержание чистоты больших площадей фасадных панелей и окон, проблемы обеспечения вентиляции и охлаждения. Но особенно препятствовали расширению практики строительства стеклянных зданий нерешаемые на тот момент проблемы обеспечения безопасности прохожих, прочности, ограниченного срока службы светопрозрачных конструкций. Для современных реалий актуальна проблема обеспечения энергосбережения при эксплуатации таких зданий. Энергоэффективность светопрозрачных фасадных конструкций зависит от некоторых конструктивных особенностей и характеристик применяемого стекла. Изучение ситуаций по перегреву зданий в жаркое время для условий Нечерноземья показало, что вопрос не столь актуален в силу короткого сезона, но все же в летние месяцы ситуация имеет место и поэтому не может быть решена только в рамках возможностей существующих конструктивно-технологических решений.

Закономерности передачи различных видов излучения через светопрозрачные конструкции при устройстве стеклянной оболочки зданий с применением некоторых видов стекла в сочетании с непредсказуемостью и высокой уязвимостью стеклянных пластин под действием перепада атмосферных температур, ограничивают возможности солнцезащитных стекол как средства защиты помещений от избыточного теплового воздействия, избыточной освещенности и солнечной радиации в летнее время [2,3].

В таблице 1 приведены данные по анализу и оценке значимых характеристик и свойств инновационных видов стекла и был выявлен следующий перечень показателей энерго- и ресурсосбережения при использовании светопрозрачных ограждающих конструкций, а именно:

– снижение потребляемого объема искусственного освещения;

- снижение финансовых издержек на отопление зданий;
- снижение финансовых затрат на кондиционирования помещений в жаркое время года;
- прирост энергоресурсов за счет их генерации при применении специальных видов стекла.

Примеры энергоэффективных зданий со светопрозрачными наружными ограждающими конструкциями приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – а) офисное здание в Китае; б) здание университетской библиотеки в Испании

В европейской практике, Китае и др. странах, как видно из приведенных примеров, строятся здания со стеклянной оболочкой не только высотного типа.

Информационный поиск выявил отсутствие рекомендаций по выбору конструкции для ее соответствия климатическим условиям без устройства систем климат-контроля на первом этапе. Выяснилось, что в мировой практике однозначных суждений нет ни по вопросу целесообразности устройства прозрачного или полупрозрачного остекления, ни по вопросу соотношения стеклянных панелей наружного покрытия оболочки зданий и площади окон.

Поскольку коэффициент теплопропускания окон выше, то большинство исследователей склоняется к соотношению по коэффициенту остекления 95% для панелей и 45% для окон при общей площади остекления в диапазоне 200-250 кв.м. Остекление зданий с площадью свыше 300 кв.м. сопровождается эффектом использования инсоляции для обогрева внутренних помещений и естественного освещения, то есть налицо энергоэффективность. При этом экономия затрат на устройство систем климат-контроля усиливает данный эффект. Но данные рекомендации применимы для регионов с умеренными климатическими условиями и короткой и теплой зимой.

Для регионов с более суровым климатом, к которым относится зона Нечерноземья центральной части России, исследования сосредоточены на поиске ресурсосберегающих прозрачных и полупрозрачных конструкций стеклянных

оболочек зданий. Регион Нечерноземной зоны РФ все же характеризуется достаточно длинным холодным периодом, хотя и считается зоной умеренно холодного климата. Фактически дебатировался вопрос многослойного остекления и применительно к окнам он решен и имеются многочисленные варианты технологий их устройства как за рубежом, так и отечественные. Вопросы технологического порядка по стеклянным оболочкам в связи с отсутствием теоретических рекомендаций разрешаются медленно из практики.

Имеются достаточно удачные примеры в ряде стран и в качестве такого примера можно привести постройку «Городских ворот Дюссельдорфа» в Германии, где двойное остекление создает еще и внутреннее проходное пространство с устройством зимнего сада.

Изучение зарубежной практики показало, что для более суровых климатических условий сооружение зданий со светопрозрачными ограждающими предусматривает устройство окон и дверей с тройным остеклением с заполнением пространства между слоями криптоном для достижения коэффициента пропускания в пределах 0,5, а при двойном остеклении коэффициент составляет уже 0,75.

Коэффициент светопропускания для ограждающих конструкций с тройным остеклением составляет порядка 0,65, для ограждающих конструкций с двойным остеклением – 0,80, а для полупрозрачных ограждающих конструкций стеклянных оболочек зданий достигает 0,55. При этом сопротивление теплопередаче стеклянной оболочки зданий при одинарном слое остекления может быть обеспечено в среднем на уровне 1,0 кв.м. ·°С/Вт, а колебания потерь зависят не только от температуры окружающего воздуха, но и от ориентации здания по «розе ветров».

Острый вопрос расчета затрат тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение также зависит от географического расположения здания, климатических условий и выбранной конструкции оболочки, дверей и окон.

Поиск рекомендаций показал, что выполнять их надо для своего региона, но если искать ориентиры, то примерные данные скандинавских стран ближе по колебаниям температуры и длительности отопительного периода (2800-3000 час.) к Нечерноземью, и они таковы:

- расчетные удельные среднегодовые затраты тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение здания составляют 39 кВт·ч/м²;
- фактические удельные среднегодовые затраты тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение здания составляют 64 кВт·ч/м²;
- расчетные затраты тепловой энергии составляют 62 кВт·ч/м²;
- фактические затраты тепловой энергии составляют 120 кВт·ч/м²;
- расчетные среднегодовые затраты тепловой энергии на отопление оценивались в 8,0 МВт·ч;
- фактические среднегодовые затраты тепловой энергии на отопление оценивались в 10,18 МВт·ч;
- расчетные среднегодовые затраты тепловой энергии на горячее водоснабжение оценивались в 3 МВт·ч.

Таблица 1 – Техничко-эксплуатационная и технико-экономическая оценка энергоэффективности светопрозрачных конструкций

Наименование стекла (стеклопакета)	Механизм действия, преимущества и недостатки	Коэффициент сопротивления теплопередаче ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$)	Средняя стоимость, руб/м ²
Стекло спандрел	Спандрел стекло – комбинация стекла с оптическим покрытием и второго слоя окрашенного стекла. Цель – снижение уровня инсоляции для решения проблемы перегрева помещений, с одновременным сохранением высокой светопропускающей способности	-	1900
Электрохромное стекло	Электрохромное стекло – стекло с активным полимерным слоем. Цель – снижение эксплуатационных затрат на отопление и обогрев помещений. Достигается за счет обеспечения поглощающего инсоляцию свойства и переход конструкции из такого стекла в непрозрачное состояние под воздействием электрического тока. При выключении электрохромное стекло возвращается в исходное состояние.	-	30000
Многофункциональное стекло	Многофункциональное стекло – стекло со специальным покрытием из оксидов металлов. Цель – снижение эксплуатационных затрат на отопление и обогрев помещений. Достигается путем отражения инфракрасного излучения для устранения перегрева помещений летом, снижения уровня теплопотерь зимой. При этом сохраняется хорошее светопропускание	0,73	3200
Стекло с фотоэлектрическим эффектом	Стекло с фотоэлектрическим эффектом – стекло с включением в его конструкцию фотоэлементов. Цель – снижение эксплуатационных затрат на отопление и обогрев помещений. Достигается за счет выработки электрического тока при попадании света, прошедшего через стекло. Электричество проводится беспроводным способом к краям оконной рамы, а затем по проводам поступает в электросеть здания.	-	-
Низкоэмиссионное I-стекло	Низкоэмиссионное I-стекло – стекло с нанесенным поверхностным слоем оптического низкоэмиссионного покрытия на основе окислов металлов. Цель – снижение эксплуатационных затрат на отопление и обогрев помещений. Достигается за счет увеличения светопропускания стекла и высоких теплоизоляционных характеристик стекла с таким покрытием.	0,56-0,68	1350
Низкоэмиссионное K-стекло	Низкоэмиссионное K-стекло – стекло с нанесенным поверхностным слоем горячего стекла методом пиролиза слоя специального металлооксидного покрытия. Цель – снижение эксплуатационных затрат на отопление и обогрев помещений. Достигается за счет увеличения светопропускания стекла и высоких теплоизоляционных характеристик стекла с таким покрытием. При этом стекло высокой прочности, снижающее вероятность конденсации влаги на поверхностях.	0,51-0,58	900

Причинами столь значительных расхождений явились климатические условия, а именно колебания температуры и, как следствие, продление отопительного периода. Таким образом, прогнозные расчеты дают только приблизительные ориентиры затрат на эксплуатацию, а получение рекомендаций по выбору типа конструкции и технологии устройства стеклянной оболочки здания остается открытым. В то же время большое разнообразие видов стекла требует разработки рекомендаций и подхода к их выбору, позволяющего проектировщику осуществить поиск рационального решения для конкретного проекта.

Выбор рациональной конструкции устройства стеклянной оболочки здания сопряжен с многофакторным анализом наиболее значимых характеристик, который возможен в рамках системного подхода. Для этого необходима разработка методологии вариантного расчета по критерию оптимизации. В качестве критерия может быть взята трудоемкость или удельные приведенные затраты. При этом рассматриваются варианты всего спектра технологий, инновационных видов стекла, технологий монтажа при описании определенных ограничений, в числе которых и требования энергосбережения, прочности и т.д. Применение такой методологии обеспечит автоматизация расчетов при подготовке проектной документации на производство работ. Предварительные расчеты, проведенные авторами в рамках проводимых исследований, позволили выявить ряд результатов к упорядочиванию рекомендаций по выбору рациональных технологий для конкретных условий эксплуатации зданий.

Так, например, в результате теоретических исследований и анализа ряда технологий устройства стеклянной оболочки зданий с применением некоторых видов стекла по критерию энергоэффективности выявлен приоритет конструкции с применением стекла с фотоэлектрическим эффектом для условий Нечерноземья, поскольку достигается способность вырабатывать электрическую энергию и происходит передача ее в систему энергообеспечения здания.

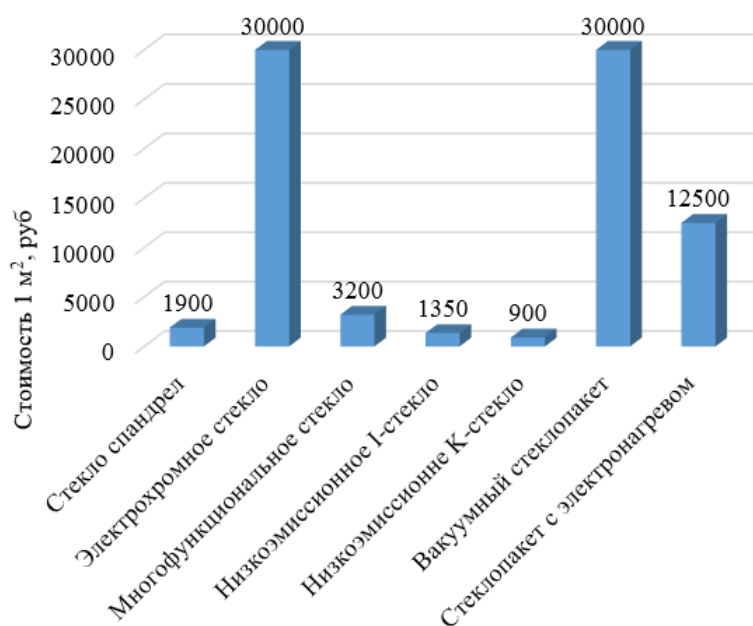


Рисунок 2 – Сравнительная оценка энергоэффективных светопрозрачных конструкций по средней стоимости за 1 м²

Заключение

Решение проблемы энергоэффективности зданий со светопрозрачными ограждающими конструкциями должно базироваться на системном подходе, в рамках которого должны быть запроектированы и практически применяемы инновационные технологии. Выбор рациональной технологии устройства конструкции стеклянной оболочки здания сопряжен с рациональным выбором большого разнообразия видов стекла и с одновременным учетом ряда факторов, который возможен только в рамках оптимизационного расчета. Для этого авторами разработана методология автоматизированной подготовки проектной документации, а ее применение в рамках проводимых исследований позволило выявить ряд результатов применимых к упорядочиванию рекомендаций по применению технологий для конкретных условий эксплуатации зданий.

Исследованиями было установлено следующее:

- в большинстве случаев решается проблема перегрева помещений и высоких затрат на кондиционирование в летний период;
- снижение эксплуатационных затрат на отопление зданий в зимний период, обеспечивают только конструкции с применением стекла с фотоэлектрическим эффектом, поскольку достигается способность вырабатывать электрическую энергию и передавать ее в систему энергообеспечения здания;
- анализ данных расчета по выбору технологии устройства стеклянной оболочки зданий с применением различных видов стекла по критерию стоимости показал, что при сравнении конструкций разница между максимальной и минимальной средней стоимостью 1 м² достаточно велика – более чем в 2 раза;
- установка энергоэффективных светопрозрачных ограждающих конструкций в зданиях, позволяет снизить теплопотери до 50%;
- установка многофункциональных автоматических систем управления оболочкой здания (климат-контроль) в соответствии с температурой окружающего воздуха по сезонности в условиях Нечерноземья;
- необходимость включения в многофункциональную автоматическую систему управление вентиляционными конструкциями зданий.

Список литературы

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации” /с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018/ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://base.garant.ru/5762947/>
2. А.А. Плотников. Архитектурно-конструктивные принципы и инновации в строительстве стеклянных зданий // Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 7-15.
3. Е.И. Давыдова, П.А. Гнам, Д.С. Тарасова. Светопрозрачные конструкции и методы повышения их энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. С. 112-128

4. Л.А. Голованова, Е.С. Ерошенко. Особенности энергоэффективных светопрозрачных ограждающих конструкций // Ученые заметки ТОГУ. 2014. № 4. С. 63-70
5. Н.Д. Сергеева, А.В. Лисютин, Е.А. Киреевкова, П.В. Дубовский. Проблемы технико-экономической оценки выбора технологий устройства светопрозрачных ограждающих конструкций в зданиях ранних лет городской застройки // Московский экономический журнал. 2018. № 1. С. 123-137.
6. В.Б.Оснач, Н.Д.Сергеева, Е.С.Пигарева Проблемы технико-экономической оценки выбора вентиляционных систем при эксплуатации жилого фонда ранних лет постройки. Московский экономический журнал «Проблемы современной науки и образования»: №1, 2018. -№ 1. - С. 52-61
7. Н.Д.Сергеева, В.Б.Оснач. Методология организационно-технологической подготовки производства устройства теплосберегающих вентиляционных систем в городской застройке. Научный журнал «Вестник магистратуры», Йошкар-Ола, 2017. -№ 2. - С. 11-20
8. Шилкин Н. В. Здание высоких технологий // АВОК. 2003. № 7
9. Gertis K. Стекланные двойные фасады. Имеют ли смысл, с точки зрения строительной физики, новые разработки фасадов? // АВОК. 2003. № 7, 8; 2004. № 1
10. Poirazis H. Double Skin Façades for Office Buildings. Lund University, 2004.
11. Schüco Алюминиевая оконная система AWS / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yarmak.ru/images/alyuminievaya-okonnaya-sistema-AWS.pdf>

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ В МОНОЛИТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Сергеева Н.Д., Смирнов Д.И. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Строительная отрасль города в экономике Брянского региона является социально значимой ввиду необходимости решения задач по строительству жилья согласно Стратегическому плану развития Брянской области на период до 2025 г. В настоящее время отрасль характеризуется некоторой стагнацией из-за кризисных явлений в экономике, снижением темпов строительства и продаж готового жилья. Последнее – по причине высокой стоимости и низкой доходности населения. В связи с этим, перед строительной отраслью как никогда остро стоят задачи технического перевооружения, освоения передовых технологий, инновационных строительных материалов с целью снижения стоимости строительства. Одной из составляющих достижения цели – является повышение уровня организационно-технологической подготовки производства.

Среди многочисленных технологических процессов в строительном производстве земляные, монтажные и бетонные работы (в том числе монолитные)

характеризуются высокой трудоемкостью и стоимостью, а также некоторой зависимостью от климатических условий. Ежегодный объем производства товарного бетона в мире более 2 млрд.м³, а в России порядка 100 млн. м³ и, как известно, в перспективе ожидается рост, поскольку монолитное домостроение «набирает обороты». Бетон относится к наиболее используемому в мировой практике строительному материалу в силу его прочности, долговечности, экологической и пожарной безопасности.

Изучение уровня организационно-технологической подготовки производства брянских предприятий строительного комплекса и ЖКХ выявило некоторые проблемы, вызывающие не только рост стоимостных показателей, но и дефекты. Так, при монолитном домостроении, среди них: нарушение правил укладки бетонной смеси, несоблюдение условий непрерывности укладки и возобновления бетонирования, тепловой обработки бетона, игнорирование обязательных контролирующих мероприятий по ходу выдерживания ответственных несущих конструкций.

Причины - низкий профессиональный уровень рабочих кадров (бетонщиков), низкий уровень знаний в области новых технологий руководителей работ, несоблюдение технологической дисциплины. Консервативность руководящего звена на фоне отсутствия свободных оборотных средств объясняют слабую динамику освоения инновационных технологий, передовых методов организации производства.

Так, по причине высокой стоимости опалубки с целью увеличения количества циклов ее оборачиваемости, строители зачастую не соблюдают режимы выдерживания бетона в опалубке и производят распалубку конструкций на более ранней стадии, чем это предусматривается технологическими картами и СП 70.13330.2011. А при демонтаже опалубки важное значение имеет величина сцепления бетона с опалубкой: большое сцепление затрудняет работы по распалубке, ухудшает качество бетонных поверхностей, приводит к возникновению дефектов, а также преждевременному износу опалубочных щитов. Для обеспечения хорошего качества поверхности бетона, простого демонтажа опалубки и чистоты ее поверхности формирующие поверхности опалубки выполняют из гладких, плохо смачиваемых материалов, или применяют высококачественные смазки.

Большие проблемы в практике городского строительства – в сфере контроля качества. Современная строительная практика большинства европейских стран предусматривает создание системы управления качеством. Нормативную базу системы обеспечения качества составляют стандарты DIN EN ISO 9000, 9001, стандарты, разработанные ISO и Европейской комиссией по стандартизации CEN, а главным рабочим документом является план мероприятий по обеспечению качества, составляющийся на всё время строительства. На производстве каждый месяц выполняется анализ состояния дел по качеству строительства с целью выявления причин возникновения брака и переделок, организовывается и обеспечивается действие системы контроля качества, для того чтобы строительные-монтажные работы отвечали международным нормам и стандартам. Эта система дает возможность подрядчику в любое момент следить за выполнением

проекта и вмешиваться для устранения дефектов и просчетов при необходимости.

Для обеспечения контроля качества на каждый строящийся объект нанимается независимый менеджер по контролю качества, обязанностями которого является:

- контроль качества работ в соответствии с контрактом;
 - разработка технической документации по вопросам контроля качества работ;
 - надзор за обучением сотрудников строительно-монтажной организации.
- Также назначается подчиняющийся менеджеру контролер, его функции на объекте:

- входной контроль строительных конструкций, материалов и деталей;
- операционный и приемочный контроль работ.

В ходе контроля качества равным образом участвует строительная лаборатория, организуемая подрядчиком на всё время строительства, составляется список минимально требуемых испытаний по всем видам конструкций, материалов, изделий и СМР.

На брянских предприятиях контроль качества строительных работ, в их числе и ведение бетонных работ, переносится на строительную площадку и возлагается на мастера и прораба, то есть на производителей работ. Отсюда вытекают возрастающие требования к уровню инженерной подготовки линейных ИТР подрядных организаций, инженеров по контролю качества (технадзору) заказчика.

И хотя они дают обязательства о неукоснительном соблюдении технологической дисциплины, СНиП и ГОСТ, на деле просматривается слабая ответственность за качество возводимых на стадии комплектации объектов строительства. Для исправления ситуации необходимо идентифицировать те процессы производства, монтажа и обслуживания, которые непосредственно влияют на качество продукции, и запланировать их выполнение и контроль в управляемых условиях. Эти условия должны включать:

- документированные процедуры, определяющие способы производства, монтажа и обслуживания, отсутствие которых отрицательно сказывается на качестве продукции;
- использование такого производственного, монтажного и сервисного оборудования, а также производственной среды, которые могут обеспечить требуемый уровень качества продукции;
- соответствие используемых стандартов и норм программам качества и (или) документированным процедурам;
- контроль и управление соответствующими параметрами процессов и характеристиками продукции;
- утверждение перечня процессов и оборудования, если это необходимо;
- критерии оценки качества выполненных работ, которые должны быть выражены в ясной и удобной форме (например, в виде иллюстраций, письменных норм или образцов-представителей);

– соответствующее техническое обслуживание и ремонт оборудования для обеспечения непрерывного производственного процесса.

Кроме того, должны быть установлены квалификационные требования ко всем операциям производственного процесса, оборудованию и обслуживающему персоналу, и все эти данные следует поддерживать в рабочем состоянии. Те процессы, для оценки возможностей, которых требуется их предварительная квалификация, относят к специальным процессам.

Если результаты отдельных процессов нельзя в полной мере проверить последующим контролем или испытанием продукции, и допущенные дефекты могут выявиться только в ходе ее практического использования, то следует планировать выполнение этих процессов высококвалифицированными операторами (или осуществлять постоянный и тщательный пооперационный контроль всех параметров этих процессов).

Другой причиной дефектов является поставка некачественных, несертифицированных материалов, необоснованной замены этих материалов на стадии реализации проекта. В рамках европейской системы управления качества трехступенчатая система предусматривает проведение предварительного контроля, на стадии которого решается вопрос замены строительных материалов и замена поставщиков. Поскольку, склонность монолитного бетона к образованию дефектов связана с самой природой этого материала попадание некачественных сортов резко осложняют процесс обеспечения качества монолитного сооружения.

Во-первых, процесс структурообразования бетона связан с усадкой (уменьшением объёма). Во-вторых, по технологии изготовления бетонная смесь содержит существенно больше воды, чем требуется для гидратации (затворения) цемента, что ведет к образованию направленной пористости бетона из-за выхода несвязанной воды. Следовательно, увеличение количества воды больше требуемого ведет к ухудшению структуры материала. В результате проявляются типичные дефекты бетона – это поры и каверны из-за выхода воды и трещины при усадке. При правильно подобранной рецептуре смеси и соблюдении технологии ее укладки микротрещины и поры не представляют опасности и не приводят к заметному ухудшению эксплуатационных свойств конструкции. Факты эти известны подавляющему большинству строителей, но порой их не учитывают на практике, и большинство проблем строители создают себе сами, когда не соблюдают технологические требования.

При бетонировании конструкций значительной толщины (особенно это касается стен), образуются характерные дефекты, обусловленные тем, что отдельные участки оказываются неуплотненными (рисунок 1). Особенно часто трещины проходят по линиям сопряжения различных участков бетонирования - как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Это происходит от того, что в процессе укладки смеси не обеспечивается надежная адгезия с ранее уложенным и уже затвердевшим бетоном. Довольно часто упускается из виду и сами процессы подготовки поверхности – качественную очистку, обеспыливание, хорошее смачивание, очистку от цементного молока и прочие обязательные технологические этапы.



Рисунок 1 – Дефект в монолитной конструкции в результате отсутствия уплотнения бетонной смеси

Последствия проявляются в сквозных трещинах в стенах и потолках, в отслоении стяжки, в повышенной ее пористости. Иногда трещины представляют собой опасность для несущих конструкций даже внутри помещений – в случаях, когда наблюдается пониженная прочность бетона и имеется возможность коррозии арматуры. При отслоении бетонной стяжки от основания последствием является ее разрушение, а иногда (при раскрытии трещин) и повреждение лицевого слоя пола.

Таблица 1 – Классификация трещин в монолитных конструкциях (СТО 17230282.27.010.001-2007)

Виды трещин			
Усадочные	Температурные	Осадочные	Деформационные
Причины			
Мелкозернистая бетонная смесь (цемент – более 600-700 кг/м ³), отличающаяся большой ползучестью	Температурные воздействия: при изготовлении, вызванные кратковременностью тепловой обработки (в зимний период); при монтажно-сварочных работах; во время эксплуатации; температурные воздействия при сезонном колебании температур; расклинивающее действие замерзающей воды; действие высоких технологических температур	Деформация опор и нижележащих конструкций	Низкая прочность материала; транспортные, складские и монтажные перегрузки; недостаточная пространственная жесткость, завышенные эксплуатационные нагрузки; увеличение в объеме продуктов коррозии; действие динамических нагрузок
Характер			
Стабилизированные, нестабилизированные	Сквозные, односторонние	Продольные, горизонтальные, поперечные, вертикальные	Одиночные, параллельные (в виде сетки), пересекающиеся
Размеры			
Неопасные		Опасные	
Выносные – до 0,1 мм	Мелкие – до 0,3 мм	Развитые – 0,3-0,5 мм	Большие – до 1 мм, значительные – более 1 мм

Кроме того, ошибки и брак при монолитном домостроении допускаются не только фирмами, непосредственно производящими работы, но, что гораздо хуже, итоговый брак закладывается на самой ранней стадии строительства – в проектных решениях. Проектная документация на техпроцессы, включая бетонные работы, низкого качества, ввиду того, что выбор технологий, технологического оборудования, оснастки, нормоконспектов и отдельных строительных машин имеют фактически случайный характер (из трех случайных вариантов в лучшем случае). Кроме того, они не увязаны в единый комплекс, не рассчитаны ни ведущая техника, ни вспомогательная, отсутствует привязка к ним резервной техники и оборудования. Не учитывался весь широкий диапазон серийно выпускаемой строительной техники и оборудования, а значит, выбор носит субъективный характер, то есть не рационален. Заметим также, что около 45% объектов не имеет проектной документации, а выполняется по упрощенному техническому заданию (это в наибольшей степени характерно для отрасли ЖКХ).

В ЖКХ при проведении работ по модернизации и ремонту жилого фонда имеет место высокая стоимость малообъемных бетонных работ.

Обоснованием необходимости разработки методики автоматизированного расчета технико-экономических параметров технологического процесса укладки бетонов и растворов является оптимизация выбора технологии производства работ, типажа машин и оборудования.

Основная идея заключается в обеспечении инженерно-технологического персонала оперативным инструментом подбора техники и технологии для выполнения бетонных и отделочных работ, в том числе на малообъемных объектах, при модернизации и проведении капитального ремонта жилого фонда.

Заключение

Постоянный рост объемов монолитного строительства является одной из основных тенденций, характеризующих современный период российского строительства. Снижение стоимости бетонных работ в новой городской застройке и ремонтно-восстановительных работ инженерных коммуникаций является важной задачей социально значимой отрасли жилищно-коммунального хозяйства.

Изучение данной проблемы позволило выделить главные направления:

1) необходимость совершенствования организационно-технологической подготовки производства, заключающаяся в разработке методологии и обоснованного выбора рационального варианта технологий бетонирования и обеспечения производственной практики проектной документацией ПОС и ППР;

2) необходимость разработки универсальных методов контроля, полностью отвечающих требованиям открытой строительной площадки и позволяющих эффективно определять распалубочную, критическую, проектную и другие прочностные бетоны.

Организационно-технологическая подготовка должна завершаться передачей линейному инженеру для управления производством прокладки или ре-

монтажно-восстановительных работ на объекте с указанными: рациональной технологией, средствами механизации, материалами и комплектующими, прогнозируемыми технико-экономическими показателями и календарным графиком.

Список литературы

1. Петров А. Технология строительного производства // Строительный Эксперт, 2003. – №6. – С. 29-33.
2. Сенников О.Е. К оценке качества строительно-монтажных работ в монолитном домостроении. – Н. Новгород: НГАСУ, 2004. - С. 293-296.
3. Сергеева Н.Д., Смирнов Д.И. Способ оперативного подбора рациональных средств механизации бетонных работ на малообъемных объектах городского хозяйства – Журнал «Вестник магистратуры» 2017. – 83-87с.
4. Сергеева Н.Д., Смирнов Д.И. Совершенствование методики расчета технологии производства бетонных работ на малообъемных объектах капитального ремонта в ЖКХ – Научная конференция «Актуальные проблемы реновации жилищного фонда города: взаимосвязь экономических, технических и правовых аспектов» Белгород, 2016. – 354-358 с.
5. Сенников О.Е. Совершенствование методов и средств технологического контроля качества уплотнения бетонной смеси и прочностных характеристик монолитного бетона. Автореферат. – Н. Новгород, 2005. – 25 с.
6. Технология строительных процессов: Учебник для вузов / Под общ. ред. Н.Н.Данилова, О.М.Терентьева. – М.: Высшая школа, 2005. – 464 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ЭЛЕКТРОЛИТА НА ОСНОВЕ МАЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Султанова М.В., Сердюк А.И. (ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР)

В работе исследуется электролит на основе малеиновой кисты для электрохимической переработки свинцово-кислотных аккумуляторов. В состав электролита входит свободная малеиновая кислота, свинцовая соль малеиновой кислоты и поверхностно активные вещества (ПАВ). Показано, что повышение концентрации свинцовой соли в электролите приводит к увеличению допустимой плотности тока в 2,6 раз. Добавка ПАВ в зависимости от природы повышает плотность тока максимум в 1,8 раза. Все это позволит увеличить скорость переработки отработанных свинцово-кислотных аккумуляторов.

An electrolyte based on maleic cyst for the electrochemical processing of lead-acid batteries is examined in this paper. The composition of the electrolyte includes free maleic acid, lead salt of maleic acid and surface-active substances (surfactants). It is shown that increasing the concentration of lead salt in the electrolyte leads to an

increase in the permissible current density by a factor of 2.6. The addition of surfactants, depending on the nature, increases the current density by a maximum of 1.8 times. All this will allow to increase the processing speed of spent lead-acid batteries.

Растущая потребность в исследовании направления переработки свинцово-кислотных аккумуляторов (СКА) объясняется накоплением быстрыми темпами свинецсодержащих отходов, так как срок службы автомобильных кислотных аккумуляторных батарей, на изготовление которых расходуется большая доля свинца, не превышает трех-пяти лет [1]. С ростом популярности свинцово-кислотных аккумуляторов возрастает и потребность в их переработке [2].

Пиррометаллургический – является наиболее популярным способом по переработке СКА, однако сопровождается большими затратами энергии и существенным загрязнением окружающей среды соединениями свинца, диоксидом серы, формальдегидом [3].

Одним из энергосберегающих и с меньшим загрязнением окружающей среды является переработка аккумуляторного лома электрохимическим способом [4].

Процесс электрохимической переработки заключается в электрохимическом растворении анодов, приготовленных из обработанных свинцово-кислотных аккумуляторов [5].

Известно, что для переработки отработанных свинцово-кислотных аккумуляторов электрохимическим путем могут быть использованы различные электролиты, в основном используют такие электролиты как, фторборатные и кремнийфторидные [6]. Данные электролиты имеют ряд преимуществ, однако, дают токсичные выбросы в атмосферу соединений фтора и свинца, поэтому необходимо исследовать электролиты, дающие меньшую нагрузку на окружающую среду.

Сравнительная характеристика параметров электролитов для электрорафинирования свинца и электрохимической переработки свинцово-кислотных аккумуляторов приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика электролитов для электрорафинирования свинца и электрохимической переработки свинцово-кислотных аккумуляторов

Наименование электролита	Параметры			
	Т °С	Катодная плотность тока, А/м ²	Выход металла по току, %	ПДК сс, мг/м ³
Кремнефтористоводородный	18-23	100-200	97	0,02
Борфтористоводородный	15-25	100-300	97	0,1
Фенолсульфоновый	40-50	400-600	90-95	0,3
Раствор гидротартрата натрия и гидроксида натрия	18-25	50-150	99,2	0,5
Сульфаматный	24-50	10-13,5	100	2
Сульфаминовый	30	120-140	96-97	2
Водный нитратный раствор	20-25	450-480	98,5-99	5
Перхлоратный	18-25	10-15	95	5
Малеиновый	15-25	50-150	98,9	5

В работе исследован электролит, состоящий из водного раствора малеиновой кислоты. Данный электролит не токсичен и существенно уменьшает нагрузку на окружающую среду, однако необходимо увеличить скорость осаждения металлического свинца на катоде (таблица 1).

Повлиять на повышение скорости электролиза можно с помощью поверхностно-активных веществ. В качестве добавок могут применяться ПАВ: неионогенные, анионактивные и катионактивные.

Действие ПАВ на структуру осадка не объяснено до конца, на этот счет имеется несколько теорий. Согласно одной из них, действие ПАВ объясняется их адсорбцией на границе раздела металл-электролит, что приводит к блокированию отдельных граней кристаллов и повышению тем самым скорости образования центров кристаллизации, в результате чего покрытие осаждается мелкокристаллическим [7]. Согласно другой теории [8], коллоидные органические вещества образуют комплексы адсорбционного типа с разряжающимися ионами металлов, что приводит к увеличению поляризации, которая в отсутствие ПАВ при выделении свинца незначительна.

Проведен анализ зависимости допустимой плотности тока в малеиновом электролите с различным составом.

В качестве электролита использован раствор с различной концентрацией малеиновой кислоты, без добавления свинцовой соли. В данном случае электролит растворяет анод, и соль свинца поступает в раствор и выделяется на катоде. Однако если изначально в электролит добавить соль свинца, то процесс произойдет значительно быстрее, соответственно плотность тока увеличится.

Допустимая плотность тока в зависимости от концентрации малеиновой кислоты без добавления соли свинца представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Допустимая плотность тока в электролитах в зависимости от концентрации малеиновой кислоты без добавления свинцовой соли

№ раствора	Содержание малеиновой кислоты, г/л	Допустимая плотность тока, А/дм ²
1	100	100
2	105	125
3	150	127
4	200	130
5	210	132
6	250	135

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что при повышении концентрации малеиновой кислоты в электролите допустимая плотность тока повышается.

Допустимая плотность тока в зависимости от концентрации свинцовой соли малеиновой кислоты представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Допустимая плотность тока в малеиновом электролите в зависимости от содержания свинцовой соли малеиновой кислоты. Концентрация исходной малеиновой кислоты постоянная и составляет 280 г/л

№ раствора	Содержание свинцовой соли малеиновой кислоты, г/л	Допустимая плотность тока, А/дм ²
1	0	57
2	13,2	100
3	15,5	120
4	21,3	130
5	24,3	140
6	26,5	150

Рассматривая данные приведенные в таблице 3, можно сделать вывод, что при концентрации свинцовой соли малеиновой кислоты 26,5 г/л допустимая плотность тока повышается в 2,6 раза, по сравнению с электролитом без свинцовой соли.

Допустимая плотность тока в зависимости от добавок, содержащихся в растворе приведена в таблице 4. При постоянной концентрации малеиновой кислоты – 100 г/л и соли свинца малеиновокислого – 10 г/л.

Таблица 4 – Допустимая плотность тока в электролитах с добавками различных ПАВ при постоянной концентрации свободной малеиновой кислоты – 100 г/л и свинцовой соли малеиновой кислоты – 10 г/л

№ раствора	Наименование добавленного вещества	Количество добавленного вещества, г/л	Допустимая плотность тока, А/дм ²
1	Без добавок	–	125
2	Желатина	1	130
3	ССБ	1	200
4	Глицерин	3	125
5	Этиленгликоль	5	75
6	Этиленгликоль+ССБ	3/1	225

При анализе данных приведенных в таблице 4 можно сделать вывод, что допустимая плотность тока с добавлением этиленгликоля+ССБ повышается максимум в 1,8 раз, при использовании в качестве ПАВ этиленгликоля допустимая плотность тока понижается в 1,7 раз.

Заключение

Таким образом, используя в качестве добавок свинцовую соль и поверхностно-активные вещества увеличиваем допустимую плотность тока в 3,9 раз. Все это позволит увеличить скорость переработки отработанных свинцово-кислотных аккумуляторов.

Список литературы

1. Davidson AJ, Binks SP, Gediga J. 2016. Lead industry life cycle studies: environmental impact and life cycle assessment of lead battery and architectural sheet production. Int. J. Life Cycle Assess. 21, 1624–1636.
2. Zhang W, et al. 2016. A critical review on secondary lead recycling technology and its prospect. Renew. Sustain. Energy Rev. 61, 108–122
3. Ramus K, Hawkins P. Lead/acid battery recycling and the new Isasmeltprocess. J Power Sources 1993;42:299–313.
4. Дикусар А.И. Основы электрохимии и электрохимических технологий. Учеб. пособие / А.И. Дикусар, Ж.И. Бабанова, С.П. Ющенко. Тирасполь: Изд-во ун-та, 2005. 187 с.
5. Ильин В.А. Цинкование, кадмирование, оловянирование и свинцевание. – Л.: Машиностроение, 1983. – 87 с.
6. Schmidt Cordt. Struktur und Eigenschaften von Kupferschichten bei der Abscheidung mit hohen Stromdichten // Galvanotechnik. – 1991. – 82, № 11. – P. 3800-3828
7. Лошкарев М.А., Бойченко Л.М., Нестеренко А.Ф. О совместном действии добавок при катодном выделении металлов. Сообщение 1. Усиление торжжения электродных процессов // Украинский химический журнал. – 1970. – Т. 36, № 6. – С. 616-621.
8. Стендер В.В. Прикладная электрохимия. – Харьков: Изд-во Харьковского Ордена трудового Красного знамени государственного университета им. А.М. Горького, 1961. – 541 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ЗАДАНИЯХ

Тарасова Н.В., Протченко М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

На обширной территории России можно получать энергию за счет привлечения и использования альтернативных энергоисточников. Одним из таких источников является солнечная энергия. В работе делается попытка проанализировать преимущества использования солнечной энергии. Предлагается внедрение Программы пропаганды применения солнечной энергии для отопления, охлаждения и горячего водоснабжения зданий.

Эффективные меры по экономии энергии в зданиях – это многоцелевая задача, сочетающая поиск способов привлечения и использования альтернативных энергоисточников. Интерес представляет возможность использования солнечной энергии для обогрева зданий. Перспективными для энергосбережения являются солнечные системы в зданиях [7]. Речь должна идти о возможности применения не в одиночном здании, где эффективно используется один из возобновляемых источников энергии, а о комплексе зданий города. Комплексное исполь-

зование традиционных источников энергии, вторичных энергоресурсов, возможных возобновляемых источников энергии приводит к минимизации энергетических потерь. Энергообеспечение должно включать все возможные приемы и способы экономии энергии и получение ее с помощью энергоактивных зданий, их элементов, которые в совместной работе с генераторами теплоты позволяют накапливать избыточную энергию и передавать ее в энергосистему в нужный период.

По темпам роста использования возобновляемых источников энергии первое место занимает солнечная энергетика [6]. Устройство солнечных энергосистем в жилых домах должно поощряться Правительством. Задачей энергетического плана должна стать установка солнечных коллекторов в жилых домах. Доля солнечной энергетики должна расти и составлять значимую часть в общей энергии, вырабатываемой в России. Реализуемо это только в том случае, если солнечные энергосистемы будут установлены в существующих жилых домах, торговых и административных зданиях. Выполнение этого требует больших финансовых и материальных затрат. Общая энергия, которую можно получить от установленного коллектора, составит около 2×10^{15} кДж. Для выработки такого же количества теплоты путем преобразования электроэнергии потребовалось бы израсходовать на электростанциях в 3 раза больше топлива с теплотой сгорания 6×10^{15} кДж. Солнце излучает 88×10^{24} кал каждую секунду, или 370×10^{12} ТДж. На Землю попадает в энергетическом эквиваленте только $1,2 \times 10^{17}$ Вт, то есть за год 10^{18} кВт·ч, или в 10 000 раз больше той энергии, которая потребляется в мире. Все остальные источники энергии дают теплоты пренебрежительно мало. Для удовлетворения электропотребления современным обществом необходимо превратить солнечную энергию, падающую на 0,0025 % поверхности Земли, в электрическую. То есть непосредственное использование только солнечной энергии может покрыть все потребности человечества в энергии [1]. Брянская область обладает благоприятными климатическими условиями для использования солнечной энергии. Продолжительность солнечного излучения составляет около 1800 часов в год [4], годовая величина суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность – около 1720 кВт·ч/м² [5]. Причем большее количество приходится на наиболее солнечный месяц – июль.

Для компенсации затрат населения по установке солнечных коллекторов, Правительство должно предусмотреть разные формы финансового стимулирования, как средство поощрения за внесенный вклад в уменьшение загрязнения окружающей среды при использовании солнечной энергии.

Преимущества использования солнечной энергии очевидны: выгода с точки зрения защиты окружающей среды, экономическая выгода. Однако есть и небольшие отрицательные моменты: при производстве, доставке и монтаже систем солнечного энергоснабжения используется органическое топливо, что вызывает некоторое загрязнение окружающей среды, при эксплуатации системы – это загрязнение в значительной степени меньше, чем при использовании других видов энергии. Можно спланировать некоторое снижение загрязнения окружающей среды за счет роста использования солнечной энергии. При использовании

солнечной энергии уменьшается угроза загрязнения окружающей среды углекислым газом, отходами топлива, промышленными отходами, тепловым загрязнением. Экономическая выгода получается в результате снижения загрязнения, ее определить сложно. Однако можно предположить, что полученная энергия от солнца, позволит компенсировать затраты на поддержание здоровья населения. Так же сократятся расходы на контроль загрязнения окружающей среды. Анализ этого показывает, что выгода существенна от использования солнечной энергии.

Использование солнечной энергии обеспечивает дополнительное преимущество – уменьшение зависимости от внешних источников энергии. Зависимость от газа и нефти становится ниже. Снижается использование ископаемых энергетических ресурсов. Применение солнечной энергии вместо органического топлива постепенно приведет к уменьшению концентрации углекислого газа в атмосфере. Использование солнечной энергии должно способствовать распространению технологии и оборудования, что дает дополнительные доходы государству. Для интенсивного внедрения «солнечных технологий» необходимо на государственном уровне принять Программу пропаганды применения солнечной энергии для отопления, охлаждения и горячего водоснабжения зданий. Программа должна преследовать определенные цели (рисунок 1) для развития «солнечных технологий».

В России сегодня существуют некоторые акты о применении альтернативных видов энергии:

1. Постановление от 27 сентября 2018 года № 1145 «О стимулировании использования возобновляемых источников энергии на розничных рынках электроэнергии» [2];
2. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 N 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» [3].

Для интенсивного внедрения солнечной энергетики в практику необходимо проводить следующие мероприятия: пропаганда солнечного отопления и

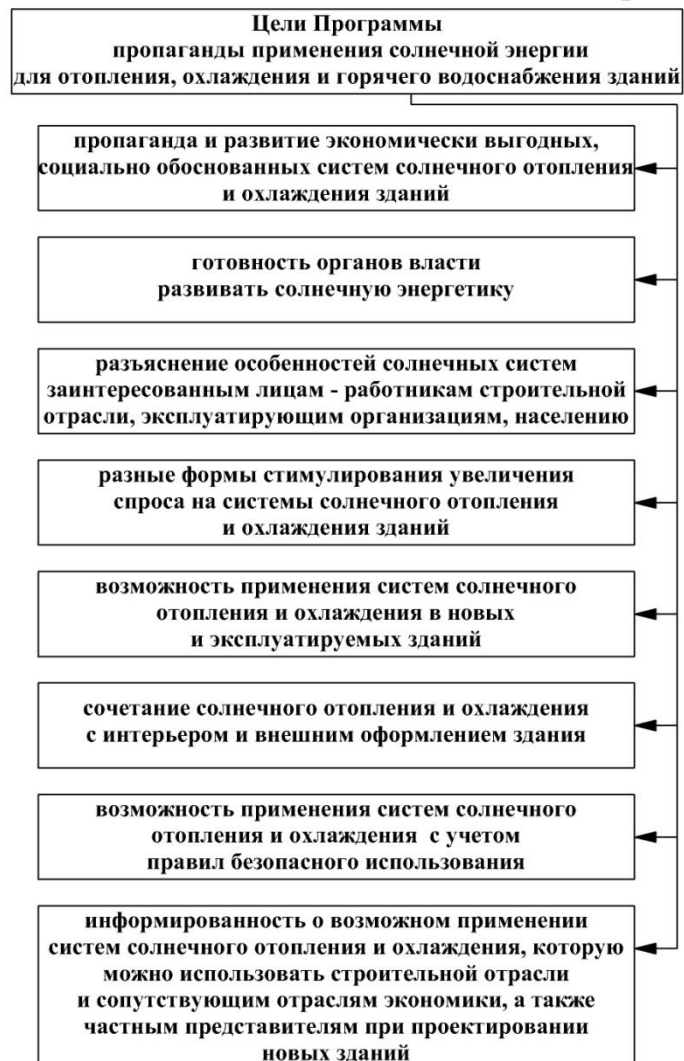


Рисунок 1 – Предполагаемые цели Программы пропаганды применения солнечной энергии для отопления, охлаждения и горячего водоснабжения зданий

охлаждения зданий; развитие системы солнечного отопления и охлаждения зданий; исследование, модернизация существующих технологий и разработка новых; развитие рынка для внедрения технологии; разработка типовых проектов здания массового потребления населением, где используется система солнечного отопления и охлаждения; развитие стандартов на солнечное оборудование; развитие стандартов эксплуатации; проведение работ по изучению препятствий быстрого распространения применения солнечной энергии; повсеместная информация.

Для применения в новых или эксплуатируемых зданиях необходимо учитывать факторы, влияющие на выбор пассивной системы солнечного энергоснабжения (рисунок 2):

1. Участок в основном не влияет на выбор типа здания с системой солнечного отопления. Однако он определяет местоположение его конструктивных элементов, которые играют роль коллектора. Если в качестве коллектора используют:

- окна, то их располагают так, чтобы соседние дома и зеленые насаждения не затеняли их зимой;
- проемы в покрытии, то расположение здания может быть произвольным, учитывается только затенение – летом оно необходимо, зимой нет.



Рисунок 2 – Факторы, влияющие на выбор пассивной системы солнечного энергоснабжения

2. В зданиях должно быть обеспечено поступление прямого солнечного излучения. Однако это создает некоторые проблемы в условиях климата:

– Очень холодного. Открытые остекленные проемы необходимые для поступления солнечного излучения приводят к повышенным потерям теплоты, особенно в ночные часы и облачную погоду. Потери снижаются

за счет использования многослойного остекления и теплоизоляции, защищающие от потерь теплоты;

– Очень жаркого. Происходит ослепление, поступление очень большого количества теплоты, результатом является затрудненное охлаждение. Поступление теплоты снижается за счет использования многослойного остекления и теплоизоляции, защищающие от перегрева.

Непрямое поступление солнечного излучения, которое происходит вследствие нагрева вертикальных и горизонтальных поверхностей, может применяться в любых климатических условиях. Если необходимо круглосуточное отопление, то нужно установить дополнительный коллектор прямого поступления солнечного излучения, чтобы обеспечить быстрое нагревание помещений здания в утренние часы. Если здание перегревается, то необходимо устанавливать наружные и внутренние вентиляторы для распределения полученной солнечной энергии.

Для лучшей работы систем непрямого и прямого поступления солнечного излучения необходимо аккумулятор солнечной теплоты защищать от потерь в ночное время суток и в облачную погоду. Климат обычно бывает смешанным, поэтому в зданиях с пассивной системой можно эффективно сочетать преимущества систем непрямого и прямого поступления солнечного излучения.

3. Выбирая систему непрямого и прямого поступления солнечного излучения необходимо учитывать стоимость проекта, материалов, их доступность, методы строительства. Наиболее приемлемы более простые системы или системы, которые можно адаптировать к местным условиям.

4. Покупатель сам формирует свой запрос на выбор пассивной солнечной системы для своего дома, руководствуясь образом жизни и индивидуальными потребностями. На эффективность использования солнечной энергии в доме большое влияние оказывает заинтересованность потребителя.

В зданиях с прямым поступлением солнечного излучения температура может колебаться в пределах 30...15° С. Такая ситуация возможна при получении необходимого количества теплоты за день, необходимой для зарядки аккумуляторов. С наступлением ночного времени, температура в помещениях начнет падать, а поддерживаться комфорт в помещениях будет за счет аккумулированной теплоты. Это не представляет неудобства и приемлемо для собственников, которые весь день находятся на работе, а приходят домой только к вечеру.

В зданиях с непрямым поступлением солнечного излучения температуру в помещениях контролировать легче, так как ее колебания значительно ниже, и даже при низких температурах комфорт обеспечен за счет радиационного обогрева.

Здания, построенные с использованием солнечной энергии, практически ничем не отличаются от обычных. Только сделаны небольшие акценты на их расположение, размеры, стиль, комфортабельность и они оснащены эффективным оборудованием для солнечного отопления. Такие здания меньше обычных и чаще предназначены для одной семьи, это одно-, двухэтажные дома.

Заключение

Рациональное распределение солнечной теплоты в пассивной системе здания обеспечивает оптимальную связь между поступлением и накоплением теплоты, а также между аккумулятором и жилым помещением. Будущее у домов, использующих солнечную энергию оптимистическое. Наверное, найдутся покупатели на такие дома. Наличие системы для использования солнечной энергии при выборе дома представляет собой не единственный и не самый важный фактор. Важную роль играют факторы: наличие материалов с повышенной теплоаккумулирующей способностью; наличие солнечной системы; качество дома; возможность экономии энергии; стоимость дома. Также важными для пользователей такими домами являются: величина экономии энергии; время безотказного функционирования системы и необходимость ремонта; сложность эксплуатации системы; реальные значения поддерживаемого уровня температуры в доме; воз-

возможность самостоятельного ухода за системой. Системы для использования солнечной энергии должны быть совершенны и обеспечивать надежность эксплуатации на протяжении длительного времени, доступными по цене, отвечающими современным требованиям. Устройство пассивного солнечного отопления является реалистичным и экономически целесообразным.

Список литературы

1. Бреусов В.П. Солнечная энергетика / В.П. Бреусов // Академия энергетика. – 2011. – № 5 (43). – С. 46 – 49.
2. Постановление от 27 сентября 2018 года № 1145 «О стимулировании использования возобновляемых источников энергии на розничных рынках электроэнергии» / URL: <http://government.ru/docs/34171/> (дата обращения: 03.10.18).
3. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 N 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» / URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146916/#dst0 (дата обращения: 03.10.18).
4. Продолжительность солнечного сияния / URL: <https://geographyofrus-sia.com/prodolzhitelnost-solnechnogo-siyaniya/> (дата обращения: 03.10.18).
5. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. – М.: Минрегион России, 2012. – 113 с.
6. Стребков Д.С. Солнечная энергетика в будущем мире – взгляд из России / Д.С. Стребков // Информационные ресурсы России. – 2012. – № 3 (127). – С. 17 – 20.
7. Тарасова Н.В., Никишина А.А., Пыцкая М.С. Возможность использования солнечной энергии для энергообеспечения жилых зданий Брянской области / Н.В. Тарасова, А.А. Никишина, М.С. Пыцкая // Строительство-2016. Материалы II Брянского международного инновационного форума. – 2016. – С. 122 – 130.

УДК 6.62; 6.691

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МНОГОСТВОЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ОРУДИЙ

Фиговский О.Л. (Ассоциация изобретателей Израиля, г. Найфа, Израиль),
Пенский О.Г. (ПГНИУ, г. Пермь, РФ)

В статье приведены принципиальные схемы и математические модели многоствольных артиллерийских систем, предназначенных для застреливания и извлечения строительных элементов из грунта, описаны результаты численных экспериментов, выполненных на основе предложенных математических моделей и позволяющие изучать динамику многоствольных строительных артиллерийских систем во время выстрела. Описаны математические прогнозы по заглублению

свай в грунт, максимальному давлению в каналах стволов, величины и скорости отката пушек для различных условий заряжания стволов и их технических характеристик. В качестве верификации предлагаемых математических моделей описаны результаты экспериментов для одноствольных артиллерийских орудий, являющихся частным случаем многоствольных пушек.

Введение

В настоящее время в РФ проводятся исследования по созданию многоствольных артиллерийских систем, предназначенных для решения задач строительства. Выбор артиллерийских орудий для решения этих задач обусловлен тем, что в качестве орудий можно выбрать пушки, снятые с вооружения и идущие на переплавку в металлолом, а в качестве порохов можно использовать устаревшие пороха, подлежащие утилизации. Эти факторы, в числе прочих, позволяют получить большую экономическую эффективность при создании и работе мирных пушек.

В современных строительных технологиях в настоящее время всё возрастающее значение приобретает математическое моделирование [1]. Приведем математические модели многоствольных строительных артиллерийских систем.

Математические модели застреливания свай в грунт из многоствольных артиллерийских систем

На рисунке 1 приведена принципиальная схема многоствольной артиллерийской установки.

Работает установка следующим образом. В стволы 1 вставляется фигурный поршень 3 с платформой 2, которая опирается на строительный элемент 4, упирающийся на поверхность грунта 5. Во время выстрела платформа 2 давит на сваю 4, в результате чего свая 4 проникает в грунт 5.

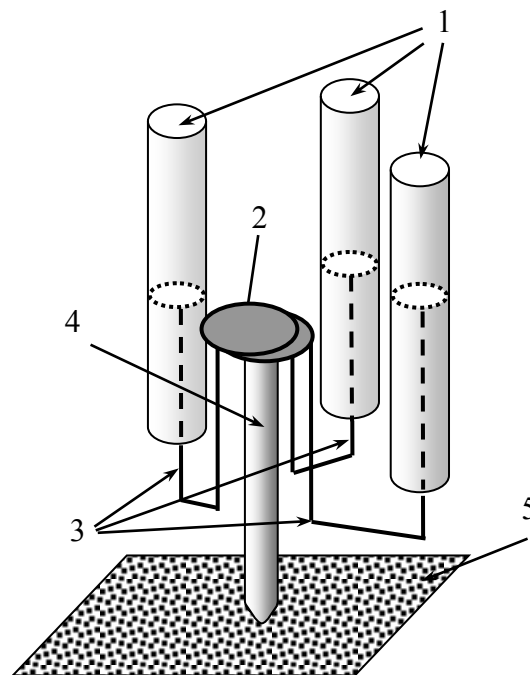


Рисунок 1 – Принципиальная схема многоствольной строительной артиллерийской установки

Для описания динамики импульсного вдавливания адаптирована термодинамическая теория выстрела для боевых орудий [2]. Пусть n – количество стволов в артсистеме, i – порядковый номер ствола, $i = \overline{1, n}$. Предварительный период выстрела для каждого из стволов описывается известной формулой внутренней баллистики [2]:

$$\Psi_{0,i} = \frac{\frac{1}{\Delta_i} - \frac{1}{\delta_i}}{\frac{f_i}{p_{0,i}} + \alpha_i - \frac{1}{\delta_i}}, \quad (1)$$

где $\Delta_i = \frac{\omega_i}{W_{0,i}}$, ω_i , $W_{0,i}$, δ_i , f_i , $p_{0,i}$, α_i – плотность заряжания, масса заряда, объем каморы, плотность пороха, сила пороха, давление форсирования, коволюм пороховых газов в стволе i .

Пусть L_a – абсолютные скорость и путь сваи (строительного элемента) в грунте, m – масса строительного элемента, Q_i – вес откатных частей пушки с номером i , $L_{p,i}$ – путь отката откатных частей пушки с номером i , M_i – масса откатных частей пушки с порядковым номером i в многоствольной системе, q – вес строительного элемента, t – время, V_i – скорость отката ствола i , p_i и S_i – давление в канале и площадь поперечного сечения i -го ствола соответственно, θ_i – показатель адиабаты пороховых газов без единицы, ψ_i – относительная часть сгоревшего заряда в стволе i , W_{ψ_i} – свободный объем каморы к моменту сгорания в ней части заряда ψ_i , j – порядковый номер импульсного вдавливания, X_j – суммарное заглубление строительного элемента в грунт в результате j вдавливаний, где $X_1 = 0$, $F(v_a, L_a + X_j)$ – сила сопротивления грунта движению в нем строительного элемента, $G(V_i, L_{p,i})$ – сила сопротивления откату i -го ствола.

Во время первого периода выстрела давления в стволах описываются уравнениями:

$$\begin{aligned} \frac{dp_i}{dt} = & \frac{f_i \omega_i \frac{d\Psi_i}{dt} + p_i \left[-\omega_i \left(\alpha_i - \frac{1}{\delta_i} \right) \frac{d\Psi_i}{dt} + S_i V_i + S_i v_a \right]}{S_i (L_{\Psi_i} + L_{p,i} + L_a)} + \\ & + \frac{-\theta_i F(v_a, L_a + X_j) v_a - \theta_i m v_a \frac{dv_a}{dt} - \theta_i M_i g V_i - \theta_i M_i V_i \frac{dV_i}{dt}}{S_i (L_{\Psi_i} + L_{p,i} + L_a)} + \\ & + \frac{-\theta_i G(V_i, L_{p,i}) V_i + \theta_i m g v_a + \theta_i v_a \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n S_j p_j}{S_i (L_{\Psi_i} + L_{p,i} + L_a)}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $L_{\Psi_i} = \frac{W_{0,i}}{S_i} \left(1 - \frac{\Delta_i}{\delta_i} - \Delta_i \left(\alpha_i - \frac{1}{\delta_i} \right) \Psi_i \right).$

$$m \frac{dv_a}{dt} = \sum_{i=1}^n S_i p_i + mg - F(v_a, L_a + X_j), \quad (3)$$

$$M_i \frac{dV_i}{dt} = p_i S_i - M_i g - G(V_i, L_{p,i}), \quad (4)$$

где g – ускорение силы тяжести.

$$\frac{dL_a}{dt} = v_a, \quad (5)$$

$$\frac{dL_{p,i}}{dt} = V_i. \quad (6)$$

Согласно работе [2] для вычисления относительной части сгоревшего трубчатого зерненного пороха можно воспользоваться равенством

$$\frac{d\Psi_i}{dt} = \frac{1}{I_{p,i}} p_i = \Gamma_i p_i, \quad (7)$$

где $\Gamma_i = \frac{1}{I_{p,i}}$ – удельная интенсивность газообразования, $I_{p,i}$ – импульс пороха в i -м стволе.

Таким образом, полученная система обыкновенных дифференциальных уравнений (2) – (7) описывает первый период выстрела в стволе i .

Начальные условия для решения этой системы уравнений имеют вид:

$$\begin{cases} p_i(0) = p_{i,0}, & v_a(0) = 0, & V_i(0) = 0, \\ L_a(0) = 0, & L_{p,i}(0) = 0, & \Psi_i(0) = \Psi_{0,i}. \end{cases} \quad (8)$$

Так как второй период выстрела соответствует адиабатическому расширению пороховых газов, то уравнения моделирования для давления p_i примут вид

$$p_i = p_{i,k} \left(\frac{L_{\Psi_i=1,k} + L_{p,i,k} + L_{a,i,k}}{L_{\Psi_i=1,i} + L_{p,i} + L_a} \right)^{1+\theta_i}, \quad (9)$$

где $L_{\Psi_i=1,i} = \frac{W_{0,i}}{S_i} (1 - \Delta_i \alpha_i)$, $L_{a,i,k}$ – абсолютный путь поршня в конце первого периода выстрела для i -м стволе, $L_{p,i,k}$ – величина отката i -го ствола в конце первого периода выстрела, $p_{i,k}$ давление в i -м стволе в конце первого периода выстрела.

Очевидно, что второй период выстрела для ствола i описывается системой уравнений (3) – (6), (9).

Начальные условия для этой системы уравнений имеют вид:

$$\begin{cases} v_a(0) = v_{a,k}, & V_i(0) = V_{i,k}, \\ L_a(0) = L_{a,k}, & L_{p,i}(0) = L_{p,i,k}, \end{cases} \quad (10)$$

где $v_{a,k}$ – абсолютная скорость строительного элемента в конце первого периода в стволе i , $V_{i,k}$ – скорость отката i -го ствола в конце первого периода выстрела.

Во время выстрела многоствольной строительной артиллерийской системы первый и второй периоды выстрела могут заканчиваться и начинаться в разные моменты времени соответственно. Поэтому расчеты с помощью приведенных уравнений внутренней баллистики нужно выполнять согласно правилу: если для орудия i выполняется условие $\Psi_i(t) < 1$, то для описания внутрибаллистических процессов решается задача Коши (2) – (8). Если $\Psi_i(t) = 1$ и $L_{p,i} + L_a \leq L_{d,i}$, то решается задача Коши (3) – (6), (9), (10), где $L_{d,i}$ – длина канала ствола i . Если $L_{p,i} + L_a > L_{d,i}$, то давление $p_i(t) \equiv 0$.

Очевидно, что после выхода поршня из всех каналов стволов движение сваи в грунте описывается задачей Коши:

$$\begin{cases} m \frac{dv_a}{dt} = -F(v_a, L_a + X_j) + mg, \\ \frac{dL_a}{dt} = v_a, \\ v_a(0) = v_{a,d}, \\ L_a(0) = L_{a,d}, \end{cases}$$

где $v_{a,d}$ – абсолютная скорость строительного элемента в момент выхода поршня из канала ствола, в котором дольше всего двигался поршень, $L_{a,d}$ – абсолютный путь поршня по каналу ствола, в котором дольше всего перемещался поршень в суммарное время первого и второго периодов выстрела.

Очевидно, что величина проникания строительного элемента в грунт в результате одного импульса соответствует значению L_a , при котором выполняется равенство $v_a = 0$ и $X_{j+1} = X_j + L_a$.

В работе [3] предложены математические модели импульсного вдавливания строительных элементов в грунт из многоствольных орудий с одинаковыми техническими характеристиками и условиями заряжания. Отличительной особенностью уравнений (1) – (10) является то, что они описывают импульсное вдавливание, осуществляемое за счет использования многоствольных артсистем с разными техническими характеристиками и условиями заряжания каждого из орудий, входящих артсистему. Технические решения для устранения поворотных моментов для таких орудий приведены, например, в работе [4].

Расчеты будем проводить для глинистого грунта с консистенцией 0,5. Для этого грунта сила сопротивления F движению сваи удовлетворяет соотношению [3]:

$$F = S_c(av_a^2 + c) + rzL_a(t),$$

где S_c – площадь миделевого сечения, v_a – скорость движения строительного элемента в грунте, r – удельная сила трения боковой поверхности строительного элемента о грунт, z – периметр миделевого сечения, $L_a(t)$ – погружение строительного элемента в грунт, t – время, коэффициенты сопротивления глинистого грунта – $a = 3422 \text{ н*с}^2/\text{м}^4$, $c = 2000000 \text{ Па}$, $r = 35000 \text{ Па}$.

Численные эксперименты, основанные на предложенных математических моделях, показывают возможность застреливания свай в глинистый грунт с консистенцией 0,5 на глубину более 30 м при технических параметрах свай, орудий и условиях заряжания, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики артсистемы и свай

Количество стволов	4
Калибр каждого ствола, м	0,170
Масса откатных частей каждого ствола, кг	3600
Длина каждого ствола, м	2,345
Масса свай, кг	600
Диаметр свай, м	0,168
Допустимая скорость свободного отката, м/с	6,5
Допустимое максимальное давление в каждом стволе, кПа	250

Расчетные характеристики каждого из импульсных вдавливателей приведены в таблице 2. Анализ таблицы 2 позволяет выдвинуть гипотезу о возможности применения многоимпульсного вдавливания при решении задач, связанных с необходимостью забивки свай на большую глубину в грунты средней плотности.

Таблица 2 – Расчетные характеристики импульсных вдавливателей

Порядковый номер импульсного вдавливания	Масса заряда, кг	Импульс пороха, кПа с	Объем камер, м ³	Заглубление, м
1	1,000	800	0,0020	8,3
2	0,875		0,0016	13,3
3	0,850		0,0020	17,3
4	0,800		0,0020	20,7
5	0,725		0,0014	23,7
6	0,675		0,0011	26,4
7	0,650		0,0010	28,2
9	0,450		0,0006	30,8

На основании классической термодинамической теории выстрела боевых орудий для вычисления коэффициента полезного действия многоствольных артиллерийских систем предлагается следующая модифицированная формула [3]:

$$КПД_j = \frac{\frac{mv_{a0}^2}{2} + \int_0^{L_{a0}} F(v_a, L_a + X_j) dL_a}{f \sum_{i=1}^n \varpi_i \theta},$$

где $v_{ав}$ – дульная скорость сваи, $L_{ад}$ – абсолютный наибольший дульный путь сваи.

Вычисления, проведенные для первого импульсного вдавливания для одностовольного орудия типа УЗАС-2 [3], показали, что коэффициент полезного действия равен 45%.

Математические модели извлечения свай из грунта с помощью многоствольных артиллерийских систем

При градостроительстве зачастую возникают задачи ликвидации, так называемых, долгостроев. Одним из видов работ, выполняемых для этого, является извлечение свай из грунта. Многие из существующих методов, решающих эту задачу, трудно применимы при точечной застройке зданий.

На рисунках 2 и 3 описана принципиальная схема многоствольной откатной артиллерийской системы, позволяющей извлекать сваи из грунта за счет энергии отката стволов при одновременном выстреле из стволов [5, 6].

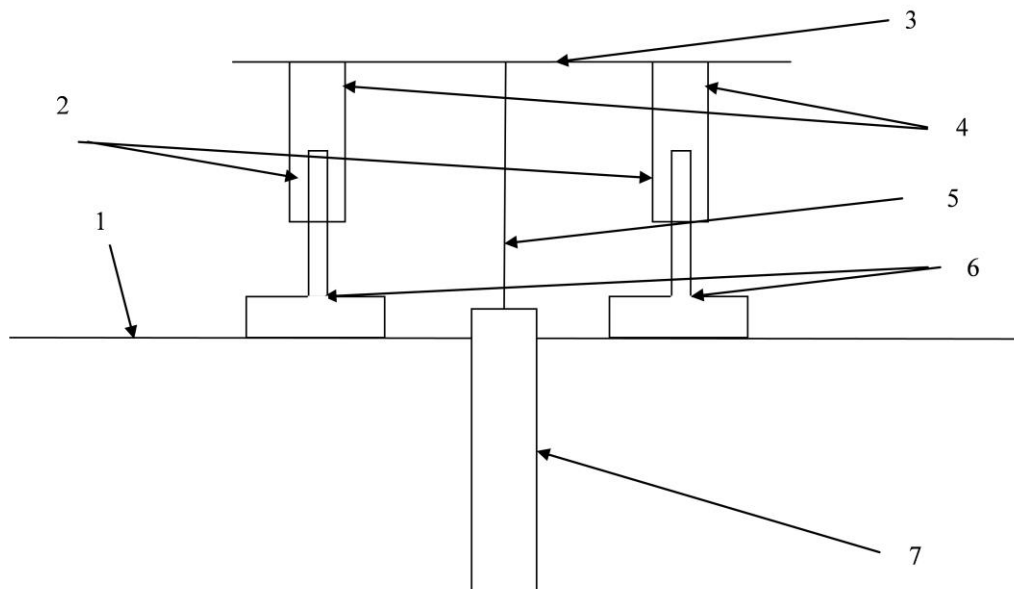


Рисунок 2. Принципиальная схема извлечения свай из грунта с помощью многоствольных откатных артиллерийских орудий (вид сбоку)

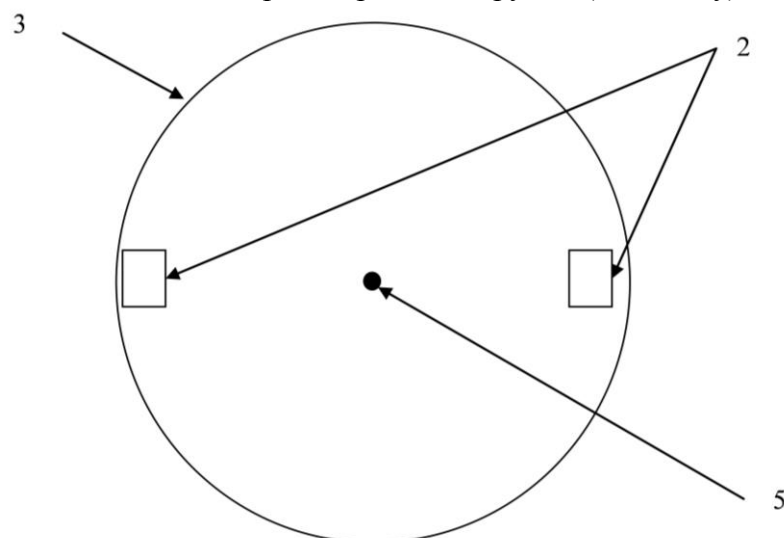


Рисунок 3. Принципиальная схема извлечения свай из грунта с помощью многоствольных откатных артиллерийских орудий (вид сверху)

Способ извлечения строительных элементов из грунта с помощью многоствольных артиллерийских орудий включает следующую последовательность операций:

- штампы 6 вставляют в стволы артиллерийских орудий 2;
- на казенные части артиллерийских орудий 4 устанавливают платформу в виде круга 3 с точками соприкосновения на концах диаметра круга, причем каждая пара откатных частей артиллерийских орудий устанавливается на противоположных концах диаметров платформы 3;
- центр круга платформы 3 прикрепляется к голове извлекаемого строительного элемента 7 с помощью натянутого троса 5;
- производят синхронизированный выстрел из всех орудий;
- платформа 3, поднимаясь вверх за счет отката при выстреле, извлекает из грунта 1 строительный элемент 7.

Опишем математическую модель извлечения свай из грунта откатными частями многоствольных орудий с одинаковыми техническими характеристиками и условиями заряжания каждого из стволов, входящих в артсистему.

Для разработки математической модели будем основываться на термодинамической теории выстрела в рамках допущений этой теории [2, 7] при использовании трубчатого зернового пороха.

Предварительный период выстрела для каждого из стволов описывается известной формулой:

$$\Psi_0 = \frac{\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta}}{\frac{f}{p_0} + \alpha - \frac{1}{\delta}}, \quad (11)$$

где Δ – плотность заряжания, δ – плотность пороха, f – сила пороха, p_0 – давление форсирования штампа, α – коэф. порохом пороховых газов.

Будем предполагать, что перед выстрелом штампы упрутся в грунт.

При анализе процесса выстрела во время застреливания штампов в грунт необходимо учитывать не только часть энергии пороховых газов, которая превращается в кинетическую энергию поступательного движения строительного элемента, но и энергию, затрачиваемую на совершение другого вида работ. Это позволит установить полный баланс энергии при выстреле [2, 7].

Пусть n – количество стволов в многоствольной системе.

Определим работу по преодолению силы сопротивления грунта движению в нем штампов, выполненную за счет энергии пороховых газов.

Пусть v_a – абсолютная скорость одного штампа, l_a – абсолютный путь штампа по каналу ствола. В этих обозначениях силу сопротивления грунта F можно записать в виде соотношения:

$$F = F(v_a, L_a).$$

Тогда энергию, необходимую для вдавливания штампов, количество которых равно n , на глубину L_a , можно записать в виде

$$Z_1 = n \int_0^{L_a} F(v_a, x) dx,$$

где $\frac{dx}{dt} = v_a$.

Таким образом, величина Z_1 примет вид

$$Z_1 = n \int_0^{L_a} F(v_a, x) dx, \text{ где } \frac{dx}{dt} = l_a.$$

Очевидно, что кинетическая энергия, которую будут иметь штампы массой m в момент времени t , удовлетворяет соотношению

$$Z_2 = n \frac{mv_a^2}{2}.$$

Напомним, что стволы артиллерийской системы расположены вертикально и таким образом, что штампы во время выстрела движутся вниз. Т.е. очевидно, что энергия пороховых газов идет на перемещение стволов и свай вверх. Таким образом, совершается работа, которую можно выразить соотношением

$$Z_3 = (nQ + q_c)L_p,$$

где Q – вес откатных частей-стволов каждого артиллерийского орудия, входящего в многоствольную артсистему q_c – вес извлекаемой свай, L_p – перемещение откатных частей.

Кроме того, энергия пороховых газов сообщает откатным частям артиллерийского орудия и извлекаемой свай скорость V . Следовательно, кинетическая энергия откатных частей удовлетворяет равенству

$$Z_4 = \frac{(nM + m_c)V^2}{2},$$

где M – масса откатных частей отдельной пушки, m_c – масса свай.

Энергия, расходуемая на преодоление силы сопротивления отката, имеет вид

$$Z_5 = \int_0^{L_p} [nG(V, l_p) + F_{tr}] dl_p,$$

где L_p – путь отката, $G(V, l_p)$ – сила сопротивления отката, F_{tr} – сила трения боковой поверхности извлекаемой свай о грунт.

Так как штампы движутся вертикально вниз, то сила тяжести сама выполняет работу

$$Z_6 = nqL_a,$$

которая не входит в сумму работ, совершаемых за счет энергии пороховых газов.

Пусть E – энергия пороховых газов, за счет которой совершаются работы Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 . Тогда очевидно соотношение

$$E = \sum_{i=1}^5 Z_i - Z_6. \quad (12)$$

Величину E можно аппроксимировать в следующем виде [2, 3]:

$$E = n \left[\frac{f}{\theta} \omega \Psi - \frac{p(W_\Psi + sL)}{\theta} \right], \quad (13)$$

где θ – коэффициент адиабаты пороховых газов без единицы, ω – масса заряда в каждом стволе, Ψ – относительная часть сгоревшего заряда в каждом стволе, P – давление в каналах стволов, W_Ψ – свободный объем камеры в каждом стволе к моменту сгорания в ней части заряда Ψ , s – площадь поперечного сечения канала каждого ствола, L – путь штампа по каналу каждого ствола.

Заменяя в соотношении (12) значения Z_i их алгебраическими выражениями и учитывая формулу (13), получим равенство

$$n \left[\frac{f}{\theta} \omega \Psi - \frac{p(W_\Psi + sL)}{\theta} \right] = n \int_0^{L_a} F(v_a, x) dx + n \frac{mv_a^2}{2} + (nQ + q_c)L_p + \frac{(nM + m_c)V^2}{2} - nqL_a + \int_0^{L_p} [nG(V, l_p) + F_{tr}] dl_p. \quad (14)$$

Из уравнения (14) получаем, дифференцируя параметр давления в канале ствола p по времени t , соотношение

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dt} = & \frac{n \frac{f}{\theta} \omega \frac{d\Psi}{dt} - nv_a F(v_a, L_a) - nmv_a \frac{dv_a}{dt} - nQ \frac{dL_p}{dt} - q_c \frac{dL_p}{dt}}{n \frac{W_\Psi + sL}{\theta}} - \\ & - \frac{(nM + m_c)V \frac{dV}{dt} + V[nG(V, L_p) + F_{tr}] + \frac{np(\frac{dW_\Psi}{dt} + sv_a + sV)}{\theta}}{n \frac{W_\Psi + sL}{\theta}}. \end{aligned} \quad (15)$$

Очевидны следующие уравнения, описывающие поступательное движение штампа, откатных частей пушки и извлекаемой сваи:

$$m \frac{dv_a}{dt} = ps - F(v_a, L_a) + q, \quad (16)$$

$$\frac{dL_a}{dt} = v_a, \quad (17)$$

$$(nM + m_c) \frac{dV}{dt} = nps - nG(V, L_p) - F_{tr} - Q - q_c, \quad (18)$$

$$\frac{dL_p}{dt} = V, \quad (19)$$

Согласно закону горения трубчатого зернового пороха [2] справедливы соотношения:

$$\frac{d\Psi}{dt} = \Gamma p, \quad \frac{dL_\Psi}{dt} = -a_1 \Gamma p, \quad (20)$$

$$a_1 = \frac{W_0}{s} \left(\alpha - \frac{1}{\delta} \right), \quad \Gamma = \frac{1}{I_p},$$

где I_p – полный импульс давления пороховых газов за время сгорания пороха.

Начальные условия для решения системы дифференциальных уравнений (15) – (20) запишутся в виде:

$$p/t=0 = p_0, v_a/t=0 = 0, V/t=0 = 0, \Psi/t=0 = \Psi_0, L_a/t=0 = 0, L_p/t=0 = 0.$$

Согласно термодинамической теории выстрела задача Коши [8] ,описывает первый период выстрела [2].

Уравнения (15) – (19) второго периода выстрела [3] эквиваленты уравнениям первого периода выстрела при условии $\Psi \equiv 1$. Уравнение

$$\frac{d\Psi}{dt} = \tilde{A}p$$

в систему уравнений не войдет. Начальные условия для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений для второго периода выстрела равны конечным значениям искомых функций задачи Коши, описывающей первый период выстрела.

На рисунке 4 приведена одноствольная артиллерийская установка ($n = 1$) для застреливания анкеров и свай в грунт и извлечения свай из грунта УЗАС-2 [3, 9], которая создана в г. Перми. При извлечении свай из грунта возможно использование установки следующим образом. В ствол помещается штамп с большой площадью миделевого сечения основания. К откатным частям пушки жестко прикрепляется голова извлекаемой из грунта сваи. Во время выстрела штамп на небольшую глубину проникает в грунт, а откатные части пушки поднимаются вверх, извлекая сваю из грунта. Проведем расчеты моделирования динамики извлечения сваи из грунта с помощью УЗАС-2.



Рисунок 4 – Установка УЗАС-2 с застреливаемым в грунт штампом

Рассмотрим глинистый грунт с консистенцией 0.5.

Сила сопротивления этого грунта (H) прониканию штампа определяется соотношением [3]:

$$F = F(v_a, L_a) = 3422v_a^2 s_s + 2000000s_s + 35000\pi d_s L_a,$$

где s_s , d_s – площадь миделевого сечения и диаметр каждого штампа, м.

Силы $G(V, L_p)$ и F_{tr} удовлетворяет равенствам (Н):

$$G(V, L_p) = 0, \quad F_{tr} = 35000\pi d_c (H_c - L_p),$$

где H_c – первоначальное заглубление извлекаемой сваи.

Для численного решения задачи динамики выстрела примем следующие характеристики орудия, условия заряжания, параметры штампа и извлекаемой сваи [9]: длина канала ствола – 1.8 м, вес заряда – 3 н, калибр ствола – 0.170 м, объем камеры – 0.001026 м³, сила пороха – 950000 дж/кг, плотность пороха – 1600 кг/м³, показатель адиабаты пороховых газов – 1.2, коволюм пороховых газов – 0.98 10⁻³ м³/кг, полный импульс давления газов во время сгорания пороха (импульс пороха) – 376500 Па с, вес откатных частей орудия – 36000 н, диаметр головной части штампа – 0.5 м, масса штампа – 800 кг, диаметр извлекаемой сваи – 0.168 м, масса сваи – 240 кг, первоначальное проникание сваи – 4 м.

Для расчета динамики орудия была разработана специальная программа [10]. Для решения задач Коши использовался метод Рунге-Кутты 2-го порядка с шагом интегрирования 10⁻⁶ с [2, 3].

Вычисления позволили получить следующие динамические показатели к концу выстрела: максимальное давление в канале ствола – 654 МПа, дульное давление пороховых газов – 4.2 МПа, величина проникания штампа в грунт – 1.13 м, величина извлечения сваи из грунта – 3.46 м. Относительная погрешность результатов вычислений от экспериментальных данных не превышает 6%.

Заключение

Таким образом, численные эксперименты, основанные на описанных в статье математических моделях, теоретически показали эффективность применения многоствольных артиллерийских систем для застреливания свай в грунт и извлечения свай из грунта. Эксперименты, проведенные на одноствольных системах, являющихся частным случаем многоствольных пушек, доказали практикой теоретические выводы.

Литература

1. Фиговский О., Гумаров В. Инновационные системы: достижения и проблемы: монография. – LAMBERT, 2018. – 657 с.
2. Русяк И.Г., Ушаков В.М. Внутрикамерные гетерогенные процессы в ствольных системах: монография – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2001. – 259с.
3. Маланин В.В., Остапенко Е.Н., Пенский О.Г., Черников А.В. Принципиальные схемы и математические модели строительных артиллерийских орудий: монография – Пермь: Изд. ПермГУ, 2016. – 495 с.

4. Маланин В.В., Остапенко Е.Н., Пенский О.Г. Способ размещения артиллерийских орудий в многоствольной строительной артиллерийской системе. Патент РФ на изобретение RU 2 551 042 С1. 20.05.2015, бюл. №14.
5. Пенский О.Г., Мазеина Н.Н., Шестаков Е.С. Способ извлечения строительных элементов из грунта с помощью многоствольных артиллерийских орудий. Патент РФ на изобретение RU 2 653 198 С1, опубл. 07.05.2018, бюл. № 13.
6. Pensky O., Kuznetsov A. Mathematical models for extracting pile from the soil with the help of multibarreled artillery systems// Journal of computational and engineering mathematics, Vol 5, №1. 2018. Pp. 14 – 22.
7. Хоменко Ю.П., Ищенко А.Н., Касимов В.З. Математическое моделирование внутрибаллистических процессов в ствольных системах: монография – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 255 с.
8. Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Свешников А.Г. Дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1980. – 231 с.
9. Бартоломей А.А., Григорьев В.Н., Омельчак И.М., Пенский О.Г. Основы импульсной технологии устройства фундаментов – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2002. – 189с.
10. Пенский О.Г. Программа расчета динамики извлечения свай из грунта с помощью многоствольных артиллерийских систем. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660043 дата выдачи 13.09.2017.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕН ЗДАНИЙ В МЕСТАХ ОБРАЗОВАНИЯ «МОСТИКОВ ХОЛОДА»

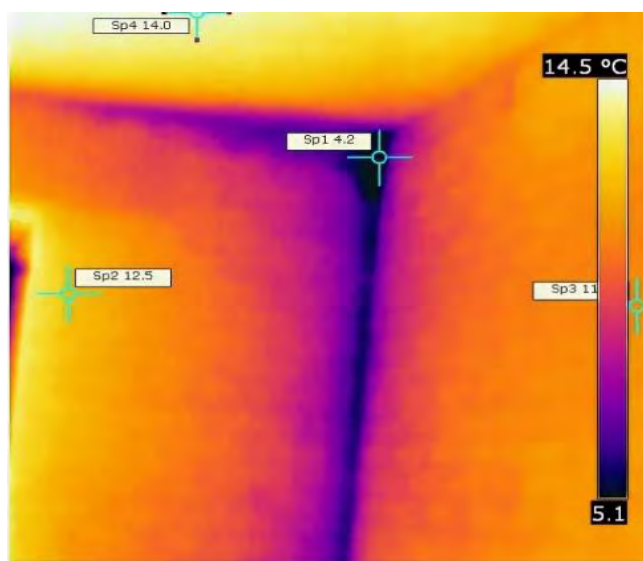
Ульянов А.А., Голотина И.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Немаловажной проблемой при строительстве и эксплуатации зданий выступает неизбежное образование «мостиков холода» в уязвимых местах здания. Появление таких «мостиков холода» обеспечивает значительные теплопотери всего здания, а также ведет к понижению температуры стен до точки росы, что ведет к образованию очагов плесени, что в общем ведет к снижению срока эксплуатации здания. В данной статье рассматривается один из возможных инновационных способов контроля «точки росы» стен здания.

На сегодняшний день жилое, административное и промышленное строительство направлено на создание энергоэффективных зданий и сооружений, для чего создаются современные утеплители, энергоэффективные конструкции и др. способы сохранения тепловой энергии внутри здания или сооружения. Однако, немаловажной проблемой при строительстве и эксплуатации зданий выступает неизбежное образование «мостиков холода» в уязвимых местах здания. Появление таких «мостиков холода» обеспечивает значительные теплопотери всего здания, а также ведет к понижению температуры стен до «точки росы», что ведет к образованию очагов плесени, что в общем ведет к снижению срока эксплуатации здания.

Наиболее уязвимы в зданиях стыки наружных стен с другими конструкциями (фундаментом, кровлей), оконные и дверные проемы, балконные плиты, а также углы наружных стен. Обнаружить «мостики холода» можно как тепловизионным обследованием, так и визуально по наличию конденсата и очагов плесени.

Раньше проблема со значительными тепловыми потерями в углах наружных стен решалась наличием в углу комнаты стояка отопления, однако с популяризацией централизованного отопления обострилась проблема утечки тепловой энергии в углах наружных стен.



а)



б)

Рисунок 1 – Определение «мостиков холода»

а – тепловизионным обследованием; б – визуальным обследованием

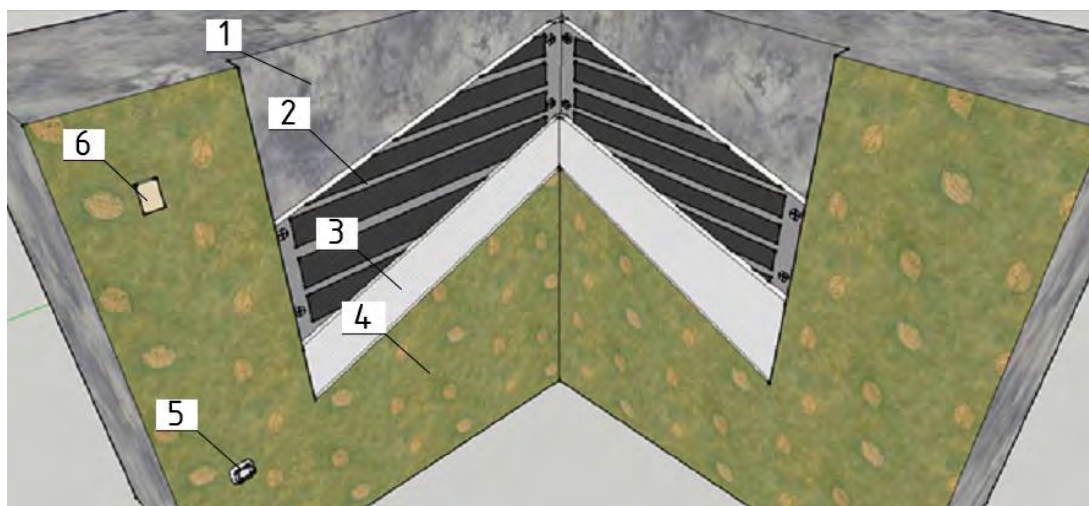


Рисунок 2 – Схема монтажа оборудования

1 – материал стены; 2 – нагревающие элементы; 3 – штукатурный слой; 4 – отделочный слой;
5 – терморегулятор; 6 – температурный датчик

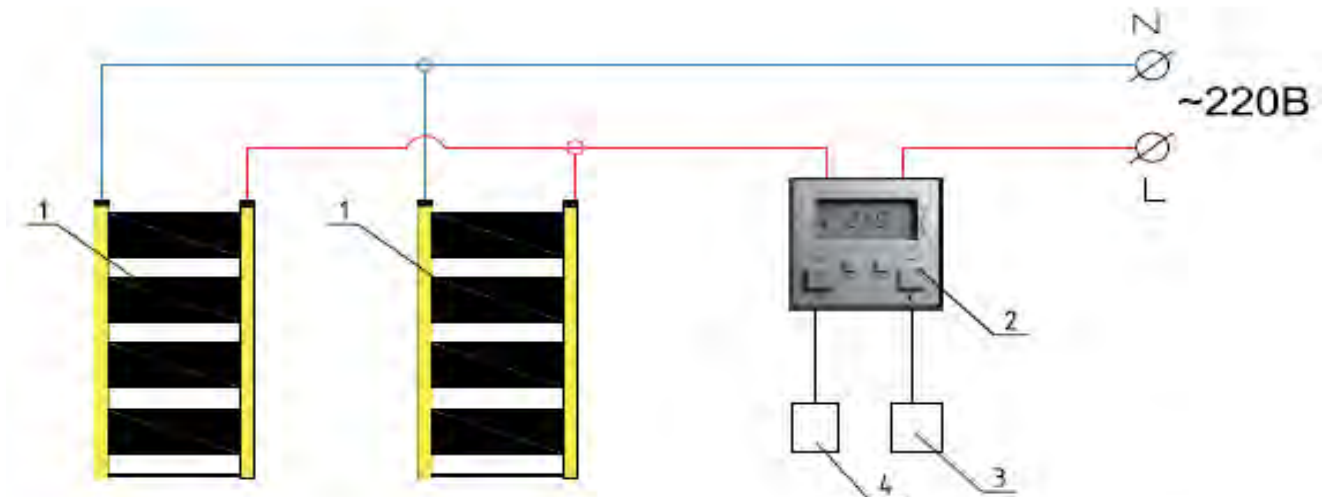


Рисунок 3 – Схема подключения оборудования

1 – нагревающий элемент; 2 – терморегулятор; 3 – датчик температуры обогреваемой поверхности; 4 – датчик температуры внутреннего воздуха в помещении

Решается данная проблема несколькими способами. Это может быть, как использование утеплителей, так и обогрев охлаждающихся поверхностей.

Одним из возможных способов обогрева углов в зданиях может стать монтаж на охлаждающиеся поверхности систем инфракрасного теплого пленочного пола. Для оптимизированной работы нагревающих элементов возникает необходимость в автоматизированной системе отслеживания температуры внутренней среды и температуры охлажденной поверхности, а также возможности запуска нагревающих элементов при приближении температуры стены к точке росы.

Такой подход позволит снизить эксплуатационные потери в здании и оптимизировать энергозатраты на поддержание необходимой температуры внутренней поверхности стены, что предотвратит появление конденсата и очагов плесени.

Расход электроэнергии на обогрев уязвимых участков в отопительный период при мощности обогревающего элемента составляет около 80 Вт/кв.м при суточной его работе, с использованием терморегулятора. Предположим, что высота помещения, в котором находится мостик холода – 2,7 м, для обогрева угла необходимо две полосы длиной 2,7 м и шириной 0,5 м, таким образом, площадь обогревающих элементов составляет 2,7 кв.м. На данную площадь расход электроэнергии в год составит 288 кВт/ч, стоимость которого составит 726 руб. в год.

Стоимость самого обогревательного элемента составляет около 220 руб/м.п., при потребности двух полос пленочного материала длиной 2,7 м стоимость их составит 1200 руб. Для оптимизации расхода электроэнергии применяется терморегулятор с термодатчиками (Nea HT), стоимость которого составляет порядка 1800 руб. Таким образом, общая стоимость оборудования составляет 3000 руб.

Определим общие затраты на оборудование и электроэнергию.

$$3000 + 726 = 3726 \text{ руб.}$$

Рассмотрим расходы на устранение последствий длительного охлаждения внутренних поверхностей конструкций (удаление плесени и грибка; антисептирование). Согласно официальным предложениям антисептирующих компаний, стоимость комплекса работ по удалению плесени/грибка и обработке при площади пораженной поверхности не более составляет от 3000 до 5000 руб., и как показывает практика, ежегодно.

Экономический эффект от установки и использования данной системы обогрева угловых мостиков холода на один локальный участок значительно превышает возможные расходы на уничтожение очагов плесени и грибка.

Список литературы

1. Инфракрасный пленочный теплый пол: расход электроэнергии [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <https://remont-system.ru/teplyy-pol/rashod-elektroenergii-infrakrasnymi-plenochnymi-teplymi-polami>
2. Пленочный теплый пол [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <https://www.gtp-br.ru/catalog/elektricheskie-teplye-poly/plenochnyy-teplyy-pol/>
3. Стоимость услуг компании «ПлесениСтоп», цены на удаление плесени и грибка [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <http://www.plesenistop.ru/stoimost-uslug.html>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОБАВКИ ВАНАДИЕВОГО ШЛАКА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ДЕКОРАТИВНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

Акст Д.В, Столбоушкин А.Ю. (СибГИУ, г. Новокузнецк, РФ)

Представлены результаты исследования образцов декоративной керамики на основе шламистых железорудных отходов и глинистого сырья с красящей добавкой ванадиевого шлака. Приведены основные этапы получения декоративных стеновых керамических материалов матричной структуры из указанного сырья. Выявлена зависимость изменения окраски керамических образцов от количества добавки ванадиевого шлака (2-10 мас. %). Установлено положительное влияние красящей добавки на физико-механические свойства декоративных керамических образцов.

По данным ежегодного мониторинга рынка строительных материалов, в России и за рубежом для гражданского строительства все чаще используются стены из мелкоштучных элементов и, прежде всего, керамического кирпича [1]. Такая популярность обусловлена высокими качественными показателями и архитектурной выразительностью стеновой керамики. Поэтому развитие технологии получения декоративных керамических материалов всегда было и остается актуальной задачей [2].

В настоящее время большинство промышленных предприятий, производящих декоративный керамический кирпич, использует традиционную технологию объемного окрашивания. При этом в шихту добавляются красящие добавки, как правило, дорогостоящие и ввозимые из-за рубежа [3-5]. Связанные с этим увеличение производственных затрат и удорожание конечной продукции сдерживают ее полномасштабный выпуск. Помимо цены на пигменты другими немаловажными важными факторами являются ухудшение физико-механических характеристик керамики, а также нестабильные результаты получения равномерной и насыщенной окраски изделий на действующих промышленных линиях.

Исследования ученых по всему миру и собственные исследования авторов показали, что в качестве модификатора цвета могут использоваться минеральные техногенные отходы, содержащие в своем составе красящие оксиды металлов [6, 7]. Сокращение техногенных отходов особенно актуально для восстановления экологического баланса промышленных регионов нашей страны.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния добавки на окрашивание и физико-механические свойства декоративных керамических материалов матричной структуры.

В рамках данного исследования было использовано следующее техногенное и природное сырье. В качестве керамического сырья – шламистая часть отходов обогащения железных руд (ОЖР) Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики (Кемеровская обл.). Хвосты являются тонкодисперсным, малопластичным материалом с низкой чувствительностью к сушке. В качестве корректирующей добавки использовался суглинок Бердского месторождения

(Новосибирская обл.). Суглинок относится к полукиислому, умеренно пластичному, легкоплавкому глинистому сырью каолинит-монтмориллонит-гидрослюдистого типа с низким содержанием крупнозернистых включений. В качестве окрашивающей добавки использовался ванадиевый шлак Нижнетагильского металлургического комбината (Свердловская обл.). Химический и гранулометрический составы сырьевых материалов приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Химический состав сырьевых материалов

Сырьевые материалы	Содержание оксидов на абсолютно сухое вещество, %											
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	SO_3	V_2O_5	MnO_2	ППП*
ОЖР	34,99	8,99	19,69	14,97	11,88	0,37	0,78	0,36	-	-	0,59	10,9
Суглинок	62,85	14,17	4,91	4,44	2,38	2,24	1,56	0,85	0,45	-	-	5,4
Ванадиевый шлак	13,65	-	18,96	1,98	5,12	-	-	9,52	-	14,27	7,91	-

*ППП – потери при прокаливании

Таблица 2 – Гранулометрический состав сырьевых материалов

Сырьевые материалы	Содержание фракций в мм, %				
	>0,06	0,06-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
ОЖР	43,03	29,08	8,92	15,63	3,34
Суглинок	-	2,6	64,15	5,08	28,17
Ванадиевый шлак	0,86	12,1	16,29	54,73	16,02

С целью повышения красящего воздействия промышленных отходов авторами был разработан новый способ получения стеновых керамических материалов матричной структуры [8]. Для этого весь технологический процесс приготовления декоративной керамики был разделен на следующие этапы:

- двухстадийное измельчение глинистого сырья и красящих отходов до фракции 100-300 мкм;
- сушка железорудных отходов до остаточной влажности 1-2 %;
- грануляция ОЖР при одновременном увлажнении в турболопастном смесителе-грануляторе до формирования гранул диаметром 3-10 мм (угловая скорость вращения лопастной мешалки составляла 20-25 с⁻¹);
- введение в гранулятор тонкодисперсной смеси суглинка и ванадиевого шлака (состав шихт приведен в таблице 3), фактическая влажность гранулированного порошка после опудривания составила 11-13 %;
- дополнительная грануляция до формирования красящего слоя по поверхности гранул (угловая скорость вращения лопастной мешалки составляла 30-35 с⁻¹);
- прессование образцов-цилиндров высотой 45-50 мм и диаметром 45 мм из гранулированных пресс-порошков (режим прессования – двухступенчатый с односторонним приложением нагрузки при давлении 15-17 МПа);
- сушка и обжиг керамических образцов в муфельной печи при температуре 1050 °С (режим нагрева ступенчатый, изотермическая выдержка – 2 часа).

Для изучения макроструктуры обожженные керамические образцы были продольно распилены. Внешняя окраска и матричная структура керамических образцов представлены на рисунке.

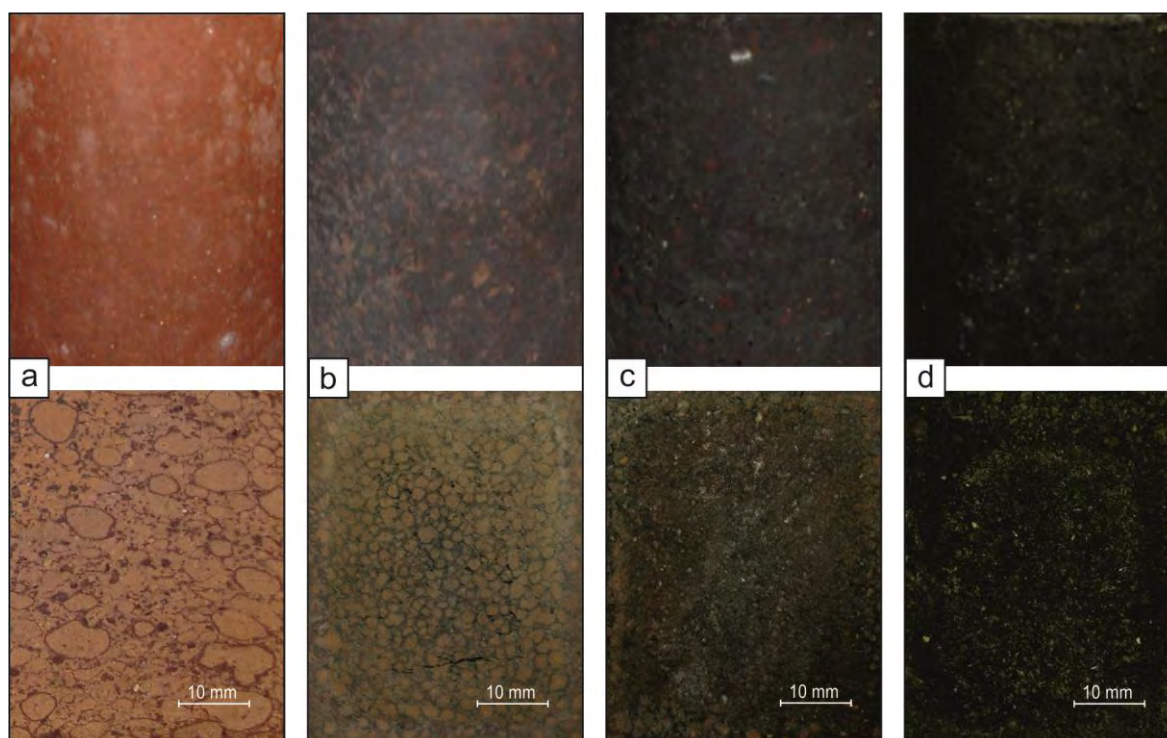


Рисунок – Внешняя окраска (сверху) и макроструктура (снизу) керамических образцов из гранулированных ОЖР и суглинка с окрашивающей добавкой ванадиевого шлака, мас. %: а – 0; б – 2; в – 5; д – 10

На рисунке наблюдается выраженное изменение цвета от коричнево-красного до черного при увеличении количества добавки ванадиевого шлака.

Можно отметить, что в керамических образцах формируется матричная структура с выраженной границей раздела фаз. Увеличение насыщенности черного цвета в толще образцов объясняется повышением концентрации красящего пентоксида ванадия (V_2O_5) на поверхности гранул, которое достигается в результате их опудривания ванадиевым шлаком.

Результаты исследования физико-механических свойств полученных образцов и их зависимость от количества добавки ванадиевого шлака приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Составы шихт и физико-механические свойства керамических образцов из гранулированных ОЖР и суглинка с окрашивающей добавкой ванадиевого шлака

№ п/п	Состав шихты, мас. %	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	ККК
1	ОЖР – 90, суглинок – 10	1996	19,6	12,3	9,8
2	ОЖР – 88; суглинок – 10; ванадиевый шлак – 2	2192	21,4	10,8	9,8
3	ОЖР – 80, суглинок – 15; ванадиевый шлак – 5	2287	48,8	8,7	21,3
4	ОЖР – 80, суглинок – 10 ванадиевый шлак – 10	2374	62,7	7,9	26,4

Анализ результатов эксперимента показывает, что применение красящей добавки ванадиевого шлака в количестве более 2-3 % приводит к значительному увеличению прочности и снижению водопоглощения керамических образцов. Улучшение физико-механических свойств так же, как и в случае с изменением окраски, можно объяснить ростом концентрации V_2O_5 в опудривающем слое. По сравнению с другими оксидами пентоксид ванадия является наиболее сильным плавнем и образует низкотемпературные расплавы, начиная с 750 °С. При этом он активно участвует в процессах высокотемпературного синтеза новых минеральных фаз с образованием сложных пироксеновых структур.

Заключение. Установлено, что добавка ванадиевого шлака в количестве 2-10 мас.% в шихту на основе шламистых железорудных отходов обеспечивает выраженный красящий эффект и значительное повышение физико-механических характеристик керамического материала (прочность при сжатии возрастает в 1,5-3 раза, водопоглощение снижается с 18 до 7-12 %).

Благодарности. Исследования проведены при финансовой поддержке Федерального фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 12839ГУ/2018 от 26.04.2018 г. «Разработка декоративного керамического кирпича с использованием минеральных промышленных отходов»).

Список литературы

1. Птичникова Г.А., Антюфеев А.В. Новые морфотипы архитектурного пространства современных городов // Социология города. 2014. N 2. С. 5–19.
2. Семенов А.А., Строительство и промышленность строительных материалов в 2017 году. Краткосрочный прогноз // Строительные материалы. 2018. N 4. С. 4–8.
3. Ozel E., Unluturk G., Turan S., Production of brown pigments for porcelain insulator applications // Journal of the European Ceramic Society. 2006. N 26. pp. 735-740.
4. Gargori C., Cerro S., Galindo R., Garcí'a A., Llusar M., Badenes J., Monro's G., New vanadium doped calcium titanate ceramic pigment // Ceramics International. 2011. N 37. pp. 3665–3670.
5. De Bonis A., Cultrone G., Grifa C., Langella A., P. Leone A., Mercurio M., Morra V., Different shades of red: The complexity of mineralogical and physicochemical factors influencing the colour of ceramics // Ceramics International. 2017. N 43. pp. 8065–8074.
6. Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Акст Д.В. Иванов А.И., Дружинин М.С., Получение декоративной стеновой керамики из глинистого сырья и отходов добычи марганцевых руд // Строительные материалы. 2016. N 12. С. 38-44.
7. Prim S.R., Folgueras M.V., de Lima M.A., Hotza D., Synthesis and characterization of hematite pigment obtained from a steel waste industry // Journal of Hazardous Materials. 2011. N 192. pp. 1307-1313.
8. Способ получения сырьевой смеси для декоративной стеновой керамики: пат. 2641533 Рос. Федерация. № 2016147274; заявл. 01.12.16; опубл. 18.01.18, Бюл. № 2. 7 с.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Васюнина С.В., Кондратьев М.С., Момот В.О., Приходько Д.М.
(БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В работе представлены результаты исследований по улучшению физико-механических свойств образцов строительной керамики: средней плотности, прочности на сжатие, износостойкости, водопоглощения, морозостойкости. Исследования проводились с использованием органоминеральной добавки на основе промышленного волластонита с суперпластификатором С-3 путем перемешивания в определенной пропорции. Методом математического планирования эксперимента определено наиболее эффективное количество используемой добавки, а также оптимальное количество воды в формовочной смеси и температура обжига. В ходе исследований выявлен характер влияния органоминеральной добавки на свойства и структуру строительной керамики. Результаты исследования подтверждены данными электронной микроскопии. Введение органоминеральной добавки способствует улучшению эксплуатационных характеристик образцов строительной керамики.

Основной тенденцией в строительной отрасли является повышение эффективности производства строительных материалов за счет новых современных технологий [1-6], совершенствования оборудования и обеспечения экологической безопасности [7-10], а также повышения качества продукции путем вовлечения в технологический процесс добавок различного назначения [11-16].

Добавки для керамики применяются для достижения высоких эксплуатационных качеств керамического камня; улучшения водонепроницаемости; повышения истираемости, коэффициента теплопроводности; стойкости к температурным перепадам; получения керамического камня с заданными характеристиками [17-24].

Целью работы является улучшение эксплуатационных характеристик керамического камня путем введения комплексной органоминеральной добавки (ОМД) на основе промышленного волластонита и суперпластификатора С-3.

При проведении исследований керамического камня применялись следующие методы: электронная микроскопия на растровых электронных микроскопах TESCAN MIRA 3 LMU и SUPRA 25-30-34 (структура частиц волластонита, керамических образцов – КО); азотная порометрия на приборе Sorbi-M (распределение пор по размерам в КО); стандартные методы определения средней плотности, прочности на сжатие, водопоглощения, истираемости и морозостойкости строительной керамики.

Получение органоминеральной добавки заключалось в тщательном механическом сухом перемешивании волластонита с суперпластификатором С-3, взятых в соотношении 0,5:0,5 по массе, до получения однородной смеси.

Исследование влияния органоминеральной добавки на свойства и структуру строительной керамики [25] проводилось с помощью керамических образцов размерами $2 \times 2 \times 2$ см, изготовленных пластическим способом с использованием легкоплавкой глины Гукалинского месторождения (Брянская обл.) следующего химического состава (% по массе): SiO_2 – 55-80; $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$ – 7-21; Fe_2O_3 – 3-12; CaO – 0,5-15; MgO – 0,5-3; SO_3 – до 3; $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ – 1-5, потери при прокаливании – 3-15 [26]. В качестве сырья ОМД использовался суперпластификатор С-№ (СП С-3) в виде сухого вещества (ОАО «Полипласт», г.Новомосковск, Тульская обл.) и промышленный волластонит в виде порошка белого цвета (ГК «ВитаХим», г. Москва). Исследуемая добавка вводилась в формовочные смеси вместе с расчетным объемом воды затворения. Сушка образцов строительной керамики проводилась до остаточной влажности не более 3% в лабораторной сушильной камере, а обжиг – в муфельной печи с автоматическим регулированием температуры.

Волластонит – минерал из класса силикатов, природный силикат кальция. В низкожгущихся керамических массах, например, в красной глине, волластонит уменьшает воздушную и огневую усадку, поэтому изделия сохнут «безопасно», уменьшается деформация и разноразмерность. Для многих составов глазурей добавка 10-20 % волластонита приводит к снижению КТР (коэффициента термического расширения), что означает снижение вероятности цека, а также к увеличению химической стойкости и твердости глазури при той же температуре обжига [27].

Суперпластификатор С-3 – синтетическое органическое вещество, которое создается на базе продукта, полученного в результате конденсации нафталинсульфокислоты, а также формальдегида. Пластификатор позволяет снизить объем воды. Применение суперпластификатора С-3 позволяет сэкономить на керамическом сырье до 22 % его объёма. При этом прочность не изменяется. Материал в итоге может получиться водонепроницаемым и довольно плотным, так как количество воды оказывается минимальным.

Эффективность добавки определялась методом ортогонального центрального трехфакторного математического планирования эксперимента.

Анализ влияния органоминеральной добавки на свойства керамических образцов (КО) показал, что ОМД приводит к увеличению их средней плотности на 2,4 % (таблица 1) и снижению коэффициента истираемости на 45 % (таблица 2).

Таблица 1 – Свойства керамических образцов

Состав образцов	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность на сжатие, МПа	Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
контрольный	1462	21,1	8,3	50
с 1 % ОМД	1497	32,2	7,1	75

Примечание: температура обжига контрольных и модифицированных образцов составляла 1000 °С.

Таблица 2 – Результаты испытания на истираемость

Тип образца	Масса образца, г		Коэффициент истираемости, $N, \text{г/см}^3$
	До истирания	После истирания	
Контрольный	364,1	356,1	0,8
с 1 % ОМД	365	360,6	0,44

При этом прочность на сжатие КО с содержанием ОМД возрастает в 1,5 раза (от 21,1 до 32,2 МПа), водопоглощение снижается в 1,2 раза (от 8,3 до 7,1 %), а морозостойкость увеличивается в 1,5 раза (от 50 до 75 циклов) попеременного замораживания и оттаивания.

Электронно-микроскопические исследования контрольного и модифицированного КО показали различие в их структуре (рисунок 1). Образец контрольного состава характеризуется крупнопористой, неравномерно спекшейся структурой с пустотами и порами, не заполненными стеклофазой, а образец с ОМД отличается микропористой структурой, армированной частично оплавленными и сросшимися со стеклофазой пластинчатыми и игольчатыми микрочастицами волластонита.

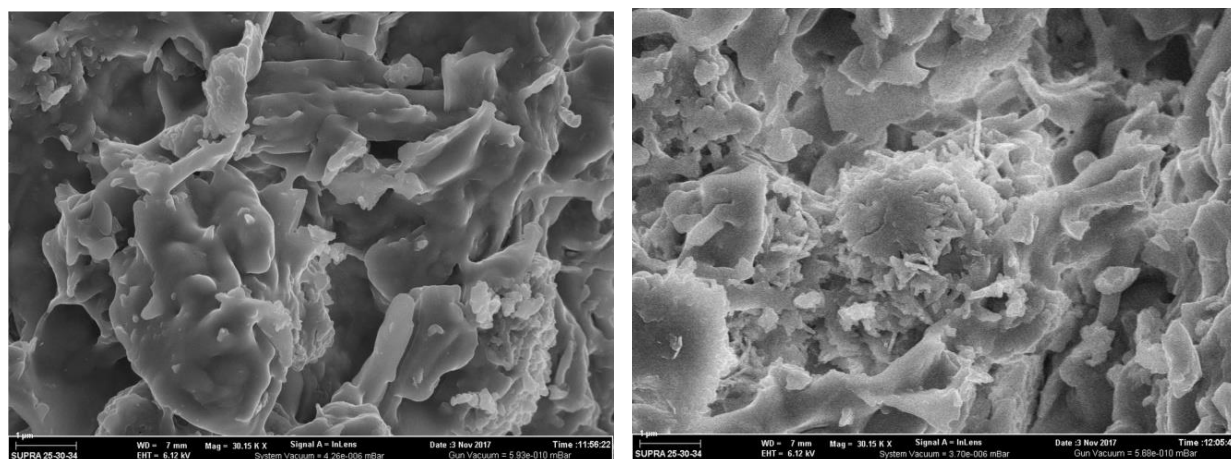


Рисунок 1 – Структура керамических образцов: а – без ОМД;
б – с ОМД

Заключение

В ходе проведения исследований выявлен характер влияния органоминеральной добавки, полученной смешиванием промышленного волластонита с суперпластификатором С-3, на свойства и структуру строительной керамики. Эффективным количеством добавки, с точки зрения максимального повышения прочности на сжатие керамических образцов, является 1 % (от массы глины) при содержании воды в формовочной смеси 42,5 % и температуре обжига 1000 °С. Установлено, что добавка приводит к увеличению средней плотности и уменьшению коэффициента истираемости керамических образцов. При этом прочность на сжатие и морозостойкость повышается в 1,5 раза, а водопоглощение снижается в 1,2 раза.

Список литературы

1. Environmentally safe schungite-based nano-dispersion additive to concrete / N. Lukutsova [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. № 22. P. 15801-15809.
2. The topology of the dispersed phase in gas concrete / L.A. Suleymanova [et al.] // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Т. 18. № 10. P.1492-1498.
3. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 5-8.
4. Самоочищающиеся покрытия на основе нанодисперсного диоксида титана / О.А. Постникова [и др.] // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 523-530.
5. Лукутцова Н.П., Устинов А.Г. Мелкозернистый бетон, модифицированный нанодисперсной добавкой биосилифицированных нанотрубок//Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 396-400.
6. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
7. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов / Н.П. Лукутцова [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16-20.
8. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.
9. Ахременко С.А., Лукутцова Н.П. Снижение радиоактивности сырья и строительных материалов //Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2008. № 2-18. С. 56-60.
10. Лукутцова Н.П., Кожухар В.М. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы промышленности строительных материалов//Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8. С. 70-75.
11. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength / N.P. Lukutsova [et al.] // Solid State Phenomena. 2018. Т. 284. P. 1005-1011.
12. Лукутцова Н.П. Наномодифицированные композиционные строительные материалы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию строит. фак. и 85-летию БГИТУ (Брянск, 1-2 дек. 2015 г.). Брянск: Изд-во БГИТУ. 2015. Т. 1. С. 94-100.

13. Способ изготовления нанодисперсной добавки для бетона: пат. 2644805 Рос. Федерация. № 2016142829 / Н.П. Лукутцова, С.Н. Головин, И.Ю. Гребенченко, Е.Г. Боровик; заявл. 31.10.2016; опубл. 14.02.2018, Бюл. № 5.
14. Лукутцова Н.П., Пашаян А.А., Хомякова Е.Н. Исследование влияния добавок на основе травильных растворов, содержащих соли железа, на структуру и прочность мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ. 2016. № 1. С. 94-104.
15. Lukuttsova N. Water films (nanofilms) in cement concrete deformations // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. № 15. P. 35120-35124.
16. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84-88.
17. Лукутцова Н.П., Головин С.Н. Агрегативная устойчивость водных суспензий галлуазитовых нанотрубок // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 4-10.
18. Бетон с микронаполнителем на основе волластонита / Н.П. Лукутцова [и др.] // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов междунар. науч. конф. (Москва, 12-13 нояб. 2014 г.). М.: Изд-во МГСУ. 2014. С. 499-504.
19. Способ получения биосилифицированных нанотрубок: пат. 2539734 Рос. Федерация. № 2013152146/10 / Н.П. Лукутцова, А.Г. Устинов; заявл. 22.11.2013; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3.
20. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде / А.А. Пыкин [и др.] // Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.
21. Ныриков К.А., Жанторе А.У. Исследование свойств стеновой керамики с использованием механоактивированной композиционной добавки // Молодой ученый. – 2015. № 20.- С.49-51.
22. Влияние добавок на свойства строительной керамики / Ефремочкин Р.А. [и др.]// Строительство-2016: матер. II Брянского Междунар. инновационного форума. Брянск: Изд-во БГИТУ, 2016. С. 48-52.
23. Влияние органоминеральной добавки на прочность керамического черепка / Васюнина С.В. [и др.]//Строительство-2017: матер. междунар. научно-практич. конф. (Брянск 20-22 ноября 2017 г.). Изд-во БГИТУ.Т.1. С. 27–35.
24. Регулирование свойств керамических материалов добавками / Шкловец И.А. [и др.] // Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера. 2017. № 2. С. 406-408.
25. ГОСТ Р 56178-2014. Органоминеральные модификаторы типа МБ для бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей. Технические условия. Введ.01.04.2015. М.: Стандартиформ, 2015 - 25 с.
26. ГОСТ 21216-2014. Сырье глинистое. Методы испытаний. - Введ. 2015.07.01. - М.: Изд-во стандартов, 2015. - 40 с.
27. Столбоушкин А.Ю. Влияние добавки волластонита на формирование структуры стеновых керамических материалов из техногенного и природного сырья // Строительные материалы. 2014. С.13-17.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО И ОРГАНИЧЕСКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Горностаева Е.Ю., Соболева Г.Н., Дрязгов Д.И., Сашкова Е.К.,
(БГИТУ, г. Брянск, Россия)

В работе рассмотрено влияние параметров (длительность обработки и температура водной среды) ультразвукового диспергирования органического заполнителя на физико-технические показатели древесно-цементных композиций, за счет снижения химической активности органического заполнителя.

На сегодняшний момент в России наблюдается увеличение темпов и объемов строительства, в том числе и малоэтажного. В связи с этим растет спрос на новые виды конструкционно-теплоизоляционных материалов, как альтернативы традиционно используемым бетону, кирпичу, полимерам и древесине. На фоне данной тенденции стали востребованы композиционные изделия на основе древесного сырья (отходы деревообработки, лесозаготовок и однолетних сельскохозяйственных растений: костра конопли и льна, стебли хлопчатника и т.д.), минеральных и полимерных (древесно-полимерные композиты) вяжущих. Проектирование таких строительных материалов на основе древесных отходов ведет к решению таких обширных задач, как: использование природных ресурсов за счет повторной переработки сырьевых материалов, а также получение новых видов продукции с высокими физико-механическими свойствами при относительно низкой рыночной стоимости (у исходных сырьевых материалов себестоимость ниже, чем у большей части традиционных конструкционно-теплоизоляционных материалов). К таким строительным материалам относятся древесно-цементные композиции (ДЦК), состоящие из смеси вяжущего, органических заполнителей растительного происхождения, воды и различных модификаторов [1-7].

Для производства древесно-цементных композиций в настоящее время применяются различные целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения (низкосортная и некондиционная древесина, станочная стружка, щепа, лесорамные опилки и т.п.). Степень влияния этих заполнителей растительного происхождения на процессы структурообразования и физико-механические свойства ДЦК различна, однако для получения высококачественных экологически безопасных изделий и конструкций должна учитываться в технологии их производства [8-17].

Ранее было установлено, что оптимизация зернового состава органического заполнителя позволяет получать ДЦК с пределом прочности при сжатии на 45-49 % превышающих прочность образцов изготовленных без оптимизации зернового состава заполнителя [8,11]. Максимальное увеличение предела прочности наблюдалось при введении в состав композиции микрокремнезема в количестве 30 %. Использование добавок обусловлено их способностью взаимодействовать с портландитом и другими продуктами гидратации цемента, образуя

труднорастворимые смешанные соли, коагулирующие поры. Создаются структуры с более плотной упаковкой и как, следствие, получают ДЦК с высокими физико-техническими характеристиками [16].

Еще одной важной областью исследования данного материала является система «цемент-органический наполнитель» [9, 10].

Поэтому, целью работы являлось изучение влияния использования ультразвукового диспергирования (УЗД) на систему «цемент – органический наполнитель» с возможностью улучшения физико-технических свойств ДЦК.

Ультразвуковое диспергирование органического наполнителя осуществлялось в ультразвуковой ванне в водной среде, что позволило получить более шероховатую поверхность частиц органического наполнителя и, следовательно, приводит к лучшему сцеплению с цементным камнем. В связи с этим, наблюдается более плотная структура и, следовательно, происходит рост физико-технических показателей. Кроме того, было выдвинуто предположение, что обработка органического наполнителя ультразвуком позволяет снизить его химическую активность.

Для более подробного изучения влияния ультразвукового диспергирования органического наполнителя на физико-технические свойства древесно-цементных композиций были выбраны различные условия обработки: время и температура.

Для изготовления образцов из ДЦК в качестве вяжущего материала использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н, произведенный ЗАО «Мальцовский портландцемент» истинной плотностью 3000 кг/м^3 , насыпной плотностью 1000 кг/м^3 , удельной поверхностью $280 \text{ м}^2/\text{кг}$, предел прочности при сжатии образца-балочки, испытанного через 28 суток – $54,5 \text{ МПа}$. В качестве органического наполнителя использовались отходы лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности, представляющие собой опилки как хвойных, так и лиственных пород деревьев (сосна, ель, дуб, ольха, береза, осина и другие), содержание водорастворимых веществ $1,12-7,33 \%$, влажность – $9,9 \%$, насыпная плотность – 95 кг/м^3 .

В ходе работы изучалось влияние температуры обработки и продолжительности ультразвукового диспергирования, на прочность и теплопроводность древесно-цементной системы. Для этого изготавливались образцы размерами $7,07 \times 7,07 \times 7,07 \text{ см}$. Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 1.

Контрольный состав представляет собой смесь цемента, органического наполнителя (без обработки УЗД) и воды (различной температуры). Составы 1-9 отличались от контрольного временем обработки органического наполнителя при заданной температуре водной среды. Вода, оставшаяся в органическом наполнителе после обработки УЗД, не удалялась.

Из данных представленных в таблице 1 видно, что обработка органического наполнителя ультразвуком позволяет снизить коэффициент теплопроводности, по сравнению с контрольным составом (было взято среднее арифметическое значение): при обработке органического наполнителя в течение 5 минут – на 60% ; в течение 10 минут – на 62% ; в течение 15 минут – на 64% .

Таблица 1 – Результаты исследований влияния параметров УЗД на свойства ДЦК

Наименование состава	Содержание компонентов смеси, %			Параметры обработки заполнителя		R _{сж} , МПа	λ , Вт/(м·К)
	цемент	опилки	вода	время УЗД, мин	температура, °С		
Контрольный 1	36,8	19,1	44,1	0	20	0,24	0,322
Контрольный 2	36,8	19,1	44,1	0	40	0,26	0,330
Контрольный 3	36,8	19,1	44,1	0	60	0,30	0,358
Состав №1	36,8	19,1	44,1	5	20	0,33	0,125
Состав №2	36,8	19,1	44,1	5	40	0,44	0,128
Состав №3	36,8	19,1	44,1	5	60	1,81	0,149
Состав №4	36,8	19,1	44,1	10	20	0,45	0,136
Состав №5	36,8	19,1	44,1	10	40	0,35	0,129
Состав №6	36,8	19,1	44,1	10	60	0,32	0,116
Состав №7	36,8	19,1	44,1	15	20	0,29	0,125
Состав №8	36,8	19,1	44,1	15	40	0,29	0,121
Состав №9	36,8	19,1	44,1	15	60	0,27	0,116

Было установлено, что на физико-технические характеристики древесно-цементных композиций влияет не только длительность обработки органического заполнителя, но и температура водной среды, в которой производилась обработка.

Выявлено, что максимальный положительный результат достигался при следующих параметрах обработки органического заполнителя ультразвуковым диспергированием в водной среде: время УЗД 5 минут, температура среды 60°С.

Так максимальное значение предела прочности при сжатии было достигнуто при обработке органического заполнителя УЗД в течение 5 минут при температуре водной среды 60°С и составило 1,81 МПа, что в 6 раз превысило аналогичный показатель контрольного образца (состав 3).

Однако, в результате обработки органического заполнителя, даже при минимальном времени (5 минут) ультразвукового диспергирования и комнатной температуре (20°С), значение предела прочности при сжатии выше, чем у контрольного образца в 1,4 раза, а значение коэффициента теплопроводности снизилось на 61 % (по сравнению с контрольным составом 1).

Таким образом, доказана возможность улучшения физико-технических характеристик древесно-цементных композиций путем ультразвукового диспергирования органического заполнителя в водной среде за счет изменения температуры водной среды и длительности обработки, что привело к снижению химической активности заполнителя.

Список литературы

1. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В. Микрокремнезем в бетоне // ВНИИТПИ. 1993. 57 с.
2. Изучение свойств мелкозернистого бетона, модифицированного нанодисперсной добавкой серпентинита. Пустовгар А.П. [и др.]// Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 155-162.

3. Повышение эффективности мелкозернистого бетона комплексной микродисперсной добавкой /Гегерь В.Я. и [и др.]// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 15-18.
4. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Карпиков Е.Г. Особенности структурообразования цементного камня с углерод-кремнеземистой нанодисперсной добавкой //Строительные материалы. 2011. № 9. С. 66-67.
5. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон //Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84.
6. Техничко-экологическое обоснование получения наномодификатора для бетона/ Лукутцова Н.П. [и др.]// Строительство и реконструкция. 2012. № 3 (41). С. 42-47.
7. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3. С. 26.
8. Горностаева Е.Ю., Лукутцова Н.П. Получение древесно-цементных композиций с улучшенными физико-техническими показателями //Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №4. С.44-46.
9. Минас А.И., Наназашвили И.Х. Специфические свойства арболита //Бетон и железобетон. 1978. №6. С.19-20.
10. Наназашвили И.Х., Минас А.И. Пути повышения структурной прочности и стойкости арболита в условиях попеременного увлажнения и высыхания //Труды ЦНИИПсельстроя. 1976. №15. С.112-118.
11. Орешкин Д.В., Горностаева Е.Ю., Капцов П.В., Хаев Т.Э. Древесно-цементные композиции с улучшенными физико-механическими показателями //Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 40 (59). С.174-185.
12. Лукутцова Н.П. Естественные радионуклиды в строительных материалах // Строительные материалы. 2002. № 1. С. 20-23.
13. Лукутцова Н.П., Кулеш И.А., Мацаенко А.А. Снижение радиоактивности природного и техногенного сырья при производстве строительных материалов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2014. №1 (5). С.34-41.
14. Хомякова Е.Н., Пашаян А.А., Лукутцова Н.П. Использование травильных растворов сталепрокатных заводов в качестве добавок для бетона // Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 729-733.
15. Хомякова Е.Н., Пашаян А.А., Лукутцова Н.П. Исследования свойств цементного камня, наномодифицированного добавками на основе солей железа // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5-2 (36). С. 111-113.
16. Горностаева Е.Ю., Ласман И.А., Федоренко Е.А., Камоза Е.В. Древесно-цементные композиции с модифицированной структурой на макро-, микро- и наноуровнях // Строительные материалы. 2015. №11. С. 13-16.
17. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УТЕПЛЯЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИИ СТЕН ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Золотухина Н. В. (ПГУ им. Т.Г. Шевченко, г. Бендеры, Молдова)

В работе производится технико-экономическое сравнение трех видов строительных материалов для теплоизоляции несущих каменных стен гражданского здания и выбор наиболее оптимального варианта.

Утепление стен зданий – важное и обязательное условие для обеспечения нормального температурно-влажностного режима в помещениях. Выбор материала для утепления стен и его толщина определяется теплотехническим расчетом, в соответствии со строительными нормами [1-6].

С целью сравнительного анализа результатов теплотехнических характеристик конструкции стены с различными материалами выполнен теплотехнический расчет по программе ТеРеМОК 0.8.5/0118.

За последнее десятилетие для утепления стен гражданских зданий все чаще стали применяться теплоизоляционные материалы различных производителей: минераловатные материалы, пенополистирол, пенополиуритан, эковата и др. В работе в качестве утеплителя, толщину которого необходимо определить использовались следующие материалы: пенополистирол Пеноплэкс, плиты URSA GEO, пенополиуретан. Данные три материала взяты за основу расчета и выбора их как теплоизолятора стены гражданского каменного здания из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе, толщиной 380 мм.

Неоспоримым фактом является резкое изменение климата во многих регионах и прошлые нормативные показатели по теплопроводности конструкций уже перестают удовлетворять нынешним требованиям. Наружные отделочные слои должны не только защищать стену от внешнего воздействия среды, но также задерживать тепло внутри помещения и минимально пропускать через свой слой холодный воздух извне. На сегодняшний день актуальным для штукатурных составов стал вопрос о тепло эффективности их свойств. Традиционный цементно-песчаный раствор необходимо менять на современные штукатурные составы, обладающими меньшим коэффициентом теплопроводности, это подтвердил теплотехнический расчет.

Для внутренней отделки гражданских зданий современные гипсовые растворы имеют преимущества по сравнению с традиционными цементно-песчаными растворами, так как последние по многим показателям уступают растворам на основе гипса. Гипсовая штукатурка имеет особые свойства, среди которых – легкая регулировка сроков схватывания в значительном диапазоне, достаточная прочность и твердость затвердевшего материала при высокой скорости их достижения, хорошие показатели теплоизоляции и звукоизоляции, высокая огнестойкость, высокие показатели паропроницаемости и конечно, экологическая чистота.

Пенополистирол Пеноплэкс – высокоэффективный теплоизоляционный материал последнего поколения, изготавливаемый методом экструзии из полистирола общего назначения. В готовом виде это жесткий вспененный термопласт. Пенополистирол предназначен для использования в промышленном и гражданском строительстве, является универсальным материалом для применения в любых конструкциях (полы, стены, кровли) где не предъявляются специальные требования по нагрузкам на конструктив. Преимущества: неизменно низкая теплопроводность; нулевое водопоглощение (однородная структура из герметичных ячеек); высокая прочность на сжатие и изгиб; абсолютная биостойкость; долговечность; экологичность [10].

Пенополиуретан (ППУ) – это пластмасса, полученная в ходе термореактивной химической реакции, по структуре напоминающая мыльную пену. ППУ состоит из изолированных друг от друга ячеек наполненными газом, которые имеют одинаковые размеры. 95 % объема ППУ составляет газ и пятипроцентный твердый полимер [12]. ППУ обладает следующими характеристиками: гидроизоляцией (за счет 95% закрытых пор); обладает низким коэффициентом теплопроводности ($\lambda = 0,020 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$); химически устойчив к щелочным и кислотным средам; обладает повышенной устойчивостью к большинству химических соединений; не горит, так как в его состав входят антипирены.

Преимущества использования ППУ. ППУ исключает проникновение воздуха через изоляцию, тем самым сокращая использование отопительного оборудования; уменьшает проникновение влаги за счет снижения утечек воздуха; повышает прочность конструкции стен и потолков; уменьшает звукопередачу конструкций, за счет плотного заполнения всех пор и трещин поверхности; устраняет проблемы с точкой росы и исключает образование конденсата; ограничивает передачу тепла через воздухопроницаемость стен; обеспечивает надежную теплозащиту зданий за счет широко диапазона температур (от -600°C до $+1500^\circ\text{C}$); позволяет качественно утеплить любые труднодоступные щели и криволинейные поверхности.

К основным недостаткам можно отнести следующие. ППУ разрушается под действием ультрафиолетовых лучей, но этот недостаток устраняется путем нанесения отделочного материала; для утепления конструкций ППУ необходимо специальное оборудование [13].

Плиты Урса – это негорючий материал. Характеристики: долговечность, биологически стойкий материал, простота монтажа, удобство хранения и перевозки.

URSA GEO П-30 за счет своей структуры (структура стекловаты URSA GEO П-30 состоит из тоненьких волокон, диаметром не более 5 мкм), нужных форм и особенных свойств способна поглощать основную часть звуковых волн, исходящих от внешних источников различной тональности шумов, благодаря чему достигается высочайшее качество звукоизоляции домов.

URSA GEO П-35 зарекомендовала себя как очень прочная, термостойкая и негорючая изоляция, поэтому ее довольно часто используют как дополнительную противопожарную защиту. Помимо этого, утеплитель обладает стойкостью к химическим и биологическим разложениям. Плиты URSA GEO П-35 имеют

высокую степень упругости. Применение утеплителей URSA GEO П-35 позволяет обеспечивать плотное примыкание изоляции к обрабатываемой поверхности, причем в местах соединения не остаются щели и зазоры. Минеральные тепло- и звукоизоляционные плиты URSA GEO П-45 отличаются повышенной «вибростойкостью» [11].

Теплотехнические расчеты выполнены для определения толщины слоя утеплителя в конструкции наружной стены в жилом здании, расположенном в городе Кишинев, толщина стены 380 мм. В качестве утепляющего материала приняты плиты URSA, пенополистирол "Пеноплэкс", Пенополиуретан. В качестве внутреннего слоя конструкции стены рассмотрен раствор цементно-песчаный и раствор гипсоперлитовый.

Все три теплоизоляционных материала обеспечивают нормальный температурно-влажностный режим помещения и отвечают санитарно-гигиеническим и теплофизическим требованиям в соответствии с нормами [1-6], но теплопроводность плит Пеноплэкс минимальная (таблица 1). Данные по толщине слоев конструкции сведены в таблице 1, в которой четко прослеживается уменьшение толщины теплоизоляционного слоя и суммарной толщины конструкции стены здания при использовании гипсовой штукатурки во внутренней отделке стенового ограждения.

Таблица 7 - Сравнение показателей полученных результатов теплотехнических расчетов

Внутр. слои	Внутр. слой – раствор цем.-песч.		Внутр. слой – раствор гипсоперл.		Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м°C
Искомый теплоизоляц. материал	Толщина искомого теплоиз. слоя	Суммарная толщ. кон-стр	Толщина искомого теплоиз. слоя	Суммарная толщ. кон-стр	
Плиты из стекляного штапельного волокна "URSA", 45 кг/м ³	73 мм	473 мм	69 мм	469 мм	0,041
Экструзионный пенополистирол "Пеноплэкс" тип 45, 45 кг/м ³	55 мм	455 мм	52 мм	452 мм	0,031
Пенополиуретан, 40 кг/м ³	71 мм	471 мм	65 мм	465 мм	0,04

Технология устройства каждого вида утеплителя очень отличается друг от друга. При сравнении по ценовому показателю, находят затраты на материал для утепления условно принятой площади стены в 10 кв. м.

Утеплитель – плиты URSA. Монтаж утеплителя производится следующим образом: первое, на несущую стену дома монтируют вертикальные стойки каркаса под сайдинг; второе, между стойками в распор устанавливают плиты утеплителя; третье, на вертикальные стойки горизонтально монтируется второй ряд стоек каркаса под сайдинг; четвертое, между стойками второго ряда враспор устанавливаются плиты второго слоя утеплителя для стен; пятое, между слоем

утеплителя и сайдингом создается вентзазор при помощи еще одного вертикального ряда стоек; шестое, монтаж панелей сайдинга производится с условием, что через воздушный зазор между панелью и утеплителем, снизу и сверху был доступ воздуха. Помимо плит утеплителя необходим материал: бруски для вертикальных стоек, фасадные теплоизоляционные дюбели в среднем в количестве 2-5 шт. на одну плиту, вертикальные стойки под сайдинг, а также крепления для горизонтальных стоек к стенам и вертикальных стоек к горизонтальным.

Для утепления данным материалом необходимо затратить 2100 рублей.

Утеплитель – плиты «Пеноплекс». Монтаж утеплителя производится следующим образом: первое, производятся подготовительные работы, очистка стен от пыли и грязи; второе, монтаж цокольного профиля, который необходим для ровного приклеивания плит и способствует защите пенополистирола от внешних воздействий; третье, установка плит Пеноплекс, на материал наносится слой клея и плита крепится к стене, крепление обязательно выполняет сверху вниз либо закрепление листов производится дюбелями по 4-5 шт. на лист; третье, декоративная отделка поверхности для защиты плит от внешних воздействий.

Для утепления данным материалом необходимо затратить 1720 рублей.

Утеплитель – пенополиуретан. Монтаж утеплителя производится следующим образом: первое, производятся подготовительные работы, очистка стен от пыли и грязи; второе, установка вертикальных направляющих балок на расстоянии 0,5-1 м друг от друга; третье, напыление пенополиуретана с помощью генераторной установки; четвертое, декоративная отделка поверхности для поверхности утеплителя от внешних воздействий.

Для утепления данным материалом необходимо затратить 8600 рублей, при толщине слоя 30-50 мм.

В результате анализа расчетов видно, что при использовании для отделки внутреннего слоя гипсового штукатурного состава, толщина искомого теплоизоляционного материала необходима меньше и, следовательно, меньше общая толщина конструкции (таблица 1).

В первом случае, при применении в качестве утеплителя плит из стеклянного штапельного волокна URSA, толщина искомого слоя должна быть не менее 69 мм. Плиты URSA GEO выпускаются только толщиной 50 мм. Из расчета видно, что необходимо использовать утеплитель в два слоя, что естественно приведет к увеличению стоимости материала. Данный материал чаще применяется при отделке фасада здания сайдингом. Технологический процесс устройства данного вида утеплителя включает в себя 6 технологических операций и необходимо большее количество материала, чем просто сами плиты. Стоимость материала для утепления 10 кв. м поверхности составила 2100 рублей. Затрачиваются большее количество материалов, трудозатрат и времени на каждый технологический процесс при утеплении таким способом.

Во втором случае, при применении в качестве утеплителя плит «Пеноплекс», толщина искомого слоя в расчете должна быть не менее 52 мм. Плиты «Пеноплекс» выпускаются толщиной от 20 до 150 мм, в данном случае по расчету подходят плиты толщиной в 60 мм. Технологический процесс устройства данного вида утеплителя включает в себя 3 технологические операции. Помимо

самых плит необходим клей и зонтики для лучшего крепления плит к поверхности. Стоимость материала для утепления 10 кв. м поверхности составила 1720 рублей. Анализируя монтаж данного утеплителя необходимо небольшое количество материалов, трудозатрат и времени на каждый технологический процесс при утеплении таким способом.

В третьем случае, при применении в качестве утеплителя пенополиуретан, толщина искомого слоя в расчете должна быть не менее 65 мм. Пенополиуретан напыляют той толщины, которая необходима по расчету, в данном случае по расчету нужен слой не менее 65 мм. Технологический процесс устройства данного вида утеплителя включает в себя 3 технологические операции. Для выполнения утепления пенополиуретаном необходима генераторная установка и химические реагенты. При больших объемах работ нужна мощная генераторная установка, которая имеет высокую стоимость, плюс ко всему должны быть высококвалифицированные работники, умеющие работать с данным механизмом, так как пенополиуретан до твердения токсичен. Стоимость материала для утепления 10 кв. м поверхности при толщине слоя в 50 мм составила 8600 рублей, а нам по расчету необходим слой еще толще, что приведет к еще большей стоимости. Для устройства данного утеплителя необходим агрегат, бригада специалистов, трудозатрат и времени на каждый технологический процесс при утеплении таким способом затрачивается мало, но это не компенсируется, так как стоимость самого материала очень высокая.

Заключение

Сравнив теплотехнические расчеты конструкции стены с данными материалами, теплопроводность, достоинства и недостатки, технологический процесс и ценовые показатели данных рассматриваемых материалов, можно сделать вывод, что использование в качестве теплоизоляционного материала конструкций стен гражданских каменных зданий лучше применять более выгодный и рациональный материал – экструзионный пенополистирол "Пеноплэкс".

Список литературы

1. СНиП ПМР 23-03-2011 "Тепловая защита зданий". Тирасполь: ГОУ ПМР, 2011. - 30 с.
2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». М.: ГОССТРОЙ РОССИИ, 2003. - 45 с.
3. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». Тирасполь: ГОУ ПМР, 2011. - 54 с.
4. СНиП ПМР 23-01-02 "Строительная климатология и геофизика". Тирасполь: ГОУ ПМР, 2002. - 81 с.
5. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология». М.: Госстрой России. - 109 с.
6. СНиП ПМР 31-05-2010 "Здания жилые многоквартирные". Тирасполь: ГОУ ПМР, 2010. - 31 с.

7. Природное сырье – комфортное жилье //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. - № 5. - С.16.
8. Гипсовая штукатурка универсальная Knauf. Электронный ресурс URL: <https://baucenter.ru> (дата обращения 02.11.2018 г.).
9. Гипсовая штукатурка для стен. Электронный ресурс URL: <https://www.eremont.ru> (дата обращения 02.11.2018 г.).
10. Плиты теплоизоляционные универсальные Пеноплекс. Электронный ресурс URL: <https://www.abcd.md/> (дата обращения 03.11.2018 г.).
11. Плиты URSA GEO П-15/П-20/П-30/П-35/П-45/П-60. Электронный ресурс URL: <http://yourhome.su/> (дата обращения 03.11.2018 г.).
12. Попов К. Н. «Строительные материалы и изделия», Учебник - М.: Высшая школа, 2002 – 367 с.
13. Пенополиуретан (ППУ). Электронный ресурс URL: <http://tmt-ppu.ru/poleznoe/articles-teploizolyacia/sravnenie-penopoliuretana-s-drugimi> (дата обращения 03.11.2018 г.).

ЭФФЕКТИВНЫЙ КОМПЛЕКСНЫЙ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Карпиков Е.Г., Лукутцова Н.П., Чивикова Е. В., Бондаренко Е.А., Зайцев А.Е.,
Боровик Е.Г. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Разработан эффективный комплексный микронаполнитель (КМ) на основе природного минерала волластонита и кварцевого песка, который повышает прочность мелкозернистого бетона (МЗБ) при изгибе в 2,1 раза до 4,3 МПа, а прочность при сжатии в - 1,7 раза до 50,1 МПа; снижает водопоглощение до 2,7 % при содержании КМ в количестве 10 % от массы цемента.

Постоянно растущий спрос и конкуренция в отрасли производства строительных материалов требует новых подходов в использовании сырьевой базы для производства качественных изделий с высокими физико-техническими характеристиками и низкой себестоимостью. Особенно актуальным в настоящее время это становится для изделий из мелкозернистого бетона (МЗБ), модифицированного микродобавками [1-5] и наномодификаторами [6-9], т.к. данная продукция является наиболее востребованной [10-22].

Волластонит – минерал из подкласса цепочечных силикатов, с одинарными анионными цепочками. Химическая формула $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$. Иногда содержит примеси FeO , Na_2O , MgO , Al_2O_3 и др.

Анализ возможностей использования волластонита в составе строительных материалов показал, что он, нашел применение в разнообразных изделиях в качестве наполнителя как неорганических, так и органических веществ. Однако, вопрос о применении данного минерала для получения эффективных комплексных микронаполнителей, используемых для модификации структуры бетонов, в настоящее время изучен недостаточно, поэтому является актуальным.

Целью работы является разработка комплексного микронаполнителя на основе природного минерала волластонита и кварцевого песка для эффективного мелкозернистого бетона.

Исходными материалами для разработки высокоэффективных КМ были выбраны кварцевый песок ООО «Агростройинвест» (г. Брянск) и волластонит марки М325 производства компании Nycominerals (США).

Для получения комплексного микронаполнителя проводилась механохимическая активация исходных сырьевых компонентов в шаровой мельнице совместно с поверхностно-активным веществом (ПАВ) нафталин-формальдегидного типа суперпластификатором С-3 и гидрофобизатором на основе смесей кальциевых солей стеариновой, стеариновой и синтетических жирных кислот – стеаратом кальция техническим С-17 $C_{36}H_{70}O_4Ca$, в течение 30 мин.

Установлено, что при механическом измельчении волластонита совместно с суперпластификатором С-3, его кристаллы образуют правильные таблитчатые формы триклинной сингонии. Применение ПАВ в процессе помола интенсифицирует расщепление волластонита в плоскостях, способствующих образованию игольчатых кристаллов, имеющих форму, близкую к «правильной».

Введение в состав КМ стеарата кальция позволяет ускорить процесс помола микронаполнителей за счет уменьшения адгезии между отдельными частицами, в результате чего диспергируемый материал укладывается плотнее и имеет большую насыпную плотность. Стеарат кальция позволяет повысить удельную поверхность КМ от $10668 \text{ см}^2/\text{см}^3$ до $12696 \text{ см}^2/\text{см}^3$, т.е. более чем 1,2 раза.

В ходе работы выполнены исследования физико-механических характеристик мелкозернистого бетона, модифицированного разрабатываемым микронаполнителем. В качестве вяжущего применялся цемент марки ЦЕМ I 42,5Н ОАО «Белорусский цементный завод» (г. Костюковичи, Республика Беларусь), заполнителем служил кварцевый песок ООО «Агростройинвест» (г. Брянск) с модулем крупности 1,5.

Изучение влияния микронаполнителя на механические характеристики МЗБ проводилось на образцах-балочках размерами $40 \times 40 \times 160$ мм, которые твердели в нормальных условиях в течение 28 суток.

Для установления математических зависимостей свойств МЗБ от содержания его компонентов использовался центральный композиционный ортогональный план полного факторного эксперимента.

Математической моделью процесса является функция, связывающая параметры оптимизации (средняя плотность, водопоглощение, предел прочности при изгибе и сжатии через 3 и 28 суток твердения) с переменными факторами – содержанием волластонита ($B=X_1$), суперпластификатора С-3 ($C-3=X_2$) и стеарата кальция ($CK=X_3$).

При проведении эксперимента параметры оптимизации варьировались в следующих пределах: волластонит – от 10 до 20%, суперпластификатор С-3 – от 0 до 1 %, стеарат кальция – от 0 до 1 %.

Функции средней плотности ($y_1 = \rho_0$), водопоглощения ($y_2 = B$) предела прочности при изгибе через 3 суток ($y_3 = R_{из}^3$) и 28 суток ($y_4 = R_{из}^{28}$), а также

прочности при сжатии через 3 суток ($y_5 = R_{сж}^3$) и 28 суток ($y_6 = R_{сж}^{28}$) мелкозернистого бетона от влияющих факторов описываются следующими уравнениями:

$$y_1(I) = 2121,0 - 7,8x_1 - 1,1x_2 + 9,1x_3 + 13,8x_1^2 + 8,1x_2^2 + 24,9x_3^2 + 21,5x_1x_2 + 20,5x_1x_3 + 16,5x_2x_3; \quad (1)$$

$$y_2(B) = 2,807 + 0,205x_1 - 0,12x_2 - 0,37x_3 + 1,165x_1^2 + 0,91x_2^2 + 0,34x_3^2 - 0,375x_1x_2 - 0,1x_1x_3 + 0,35x_2x_3; \quad (2)$$

$$y_3(R_{уз}^3) = 0,973 + 0,23x_1 + 0,03x_2 + 0,19x_3 - 0,01x_1^2 - 0,13x_2^2 + 0,41x_3^2 + 0,212x_1x_2 + 0,237x_1x_3 - 0,688x_2x_3; \quad (3)$$

$$y_4(R_{уз}^{28}) = 2,187 + 0,08x_1 + 0,13x_2 - 0,14x_3 - 0,14x_1^2 - 0,89x_2^2 + 0,34x_3^2 + 0,1x_1x_2 - 1,175x_2x_3; \quad (4)$$

$$y_5(R_{сж}^3) = 30,733 + 2,0x_1 - 0,65x_2 + 2,4x_3 + 0,5x_1^2 + 3,05x_2^2 + 5,9x_3^2 - 3,375x_1x_2 + 1,75x_1x_3 + 4,25x_2x_3; \quad (5)$$

$$y_6(R_{сж}^{28}) = 28,533 + 1,55x_1 + 1,05x_2 + 3,7x_3 + 0,35x_1^2 + 9,8x_2^2 + 1,85x_3^2 + 2,375x_1x_2 + 3,125x_1x_3 + 4,313x_2x_3; \quad (6)$$

Выходные параметры мелкозернистого бетона, модифицированного разработанным комплексным микронаполнителем, рассчитанные по уравнениям регрессии со значимыми коэффициентами, представлены в виде номограмм зависимостей на рисунках 1-6.

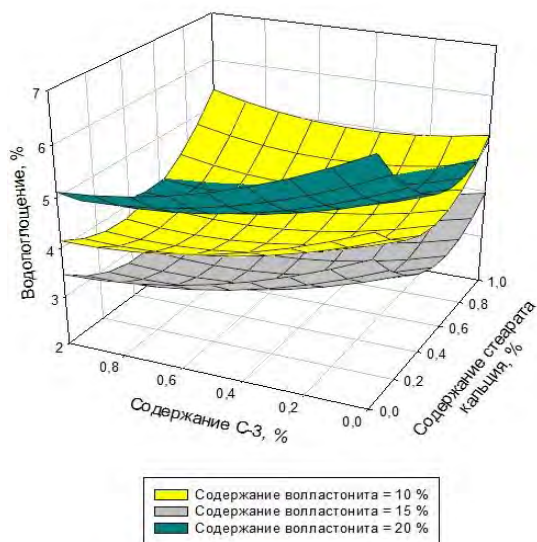


Рисунок 1 – Водопоглощение модифицированного МЗБ, в зависимости от содержания микронаполнителя

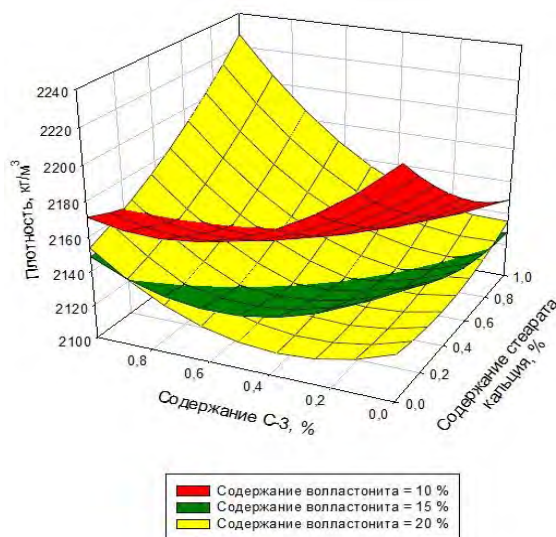
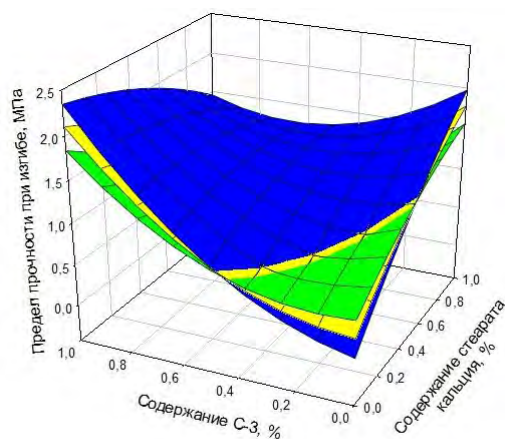
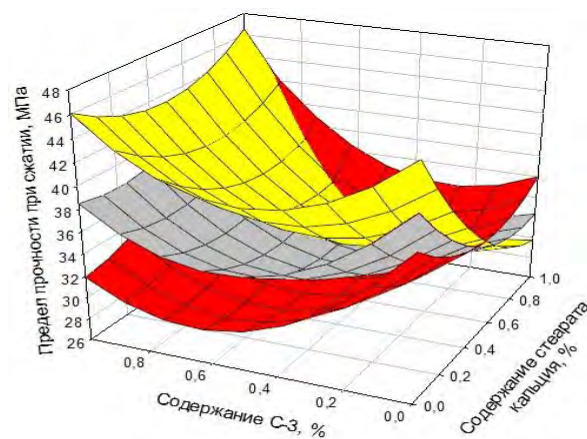


Рисунок 2 – Средняя плотность модифицированного МЗБ, в зависимости от содержания микронаполнителя



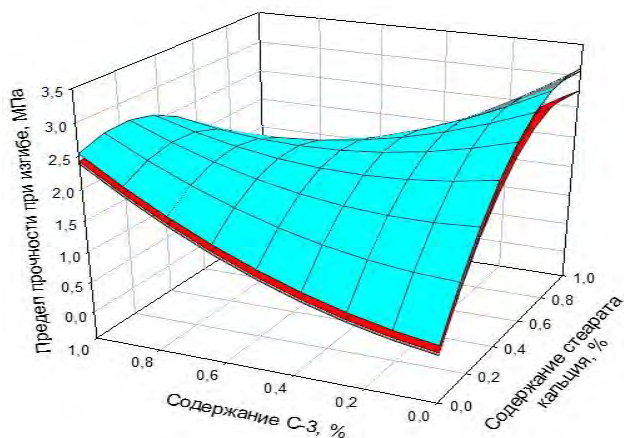
Содержание волластонита = 10 %
Содержание волластонита = 15 %
Содержание волластонита = 20 %

Рисунок 3 – Прочность при изгибе, модифицированного МЗБ в возрасте 3 суток, в зависимости от содержания микронаполнителя



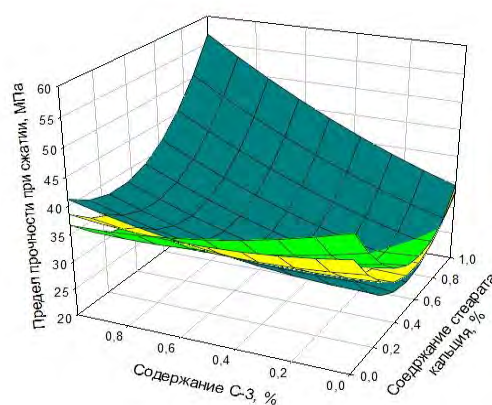
Содержание волластонита = 10 %
Содержание волластонита = 15 %
Содержание волластонита = 20 %

Рисунок 4 – Прочность при сжатии, модифицированного МЗБ в возрасте 3 суток, в зависимости от содержания микронаполнителя



Содержание волластонита = 10 %
Содержание волластонита = 15 %
Содержание волластонита = 20 %

Рисунок 5 – Прочность при изгибе модифицированного МЗБ в возрасте 28 суток, в зависимости от содержания микронаполнителя



Содержание волластонита = 10 %
Содержание волластонита = 15 %
Содержание волластонита = 20 %

Рисунок 6 – Прочность при сжатии модифицированного МЗБ в возрасте 28 суток, в зависимости от содержания микронаполнителя

В ходе проведенных исследований выявлено положительное влияние добавок, вводимых в процессе помола в состав комплексного микронаполнителя на основе волластонита и кварцевого песка, на механические характеристики мелкозернистого бетона. Установлено, что введение в состав разработанного комплексного микронаполнителя (при соотношении кварцевого песка и волластонита (КП/В) 70/30 %), суперпластификатора С-3 и гидрофобизатора стеарата кальция в количестве 1 и 0,5 % от их массы соответственно, способствует повышению прочности при изгибе в 2,3 раза через 3 суток и в 2, раза – через 28 суток твердения. Предел прочности при сжатии увеличивается через 3 суток в 2,2 раза, а через 28 суток твердения – в 1,7 раза и составляет 50,1 МПа.

Заключение

Таким образом, разработан комплексный микронаполнитель на основе волластонита и кварцевого песка, способствующий повышению прочности мелкозернистого бетона при изгибе в 2,1 раза, а при сжатии в 1,7 раза, снижению водопоглощения до 2,7% при его содержании в составе МЗБ в количестве 10 % от массы цемента.

Список литературы

1. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength / N.P. Lukutsova [et al.] // Solid State Phenomena. 2018. Т. 284. Р. 1005-1011.
2. Бетон с микронаполнителем на основе волластонита / Н.П. Лукутцова [и др.] // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов междунар. науч. конф. (Москва, 12-13 нояб. 2014 г.). М.: Изд-во МГСУ. 2014. С. 499-504.
3. Лукутцова Н.П., Карпиков Е.Г. Энергоэффективный мелкозернистый бетон с комплексным микронаполнителем // Строительство и реконструкция. 2014. №5 (55). С. 94–100.
4. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.
5. Повышение эффективности мелкозернистого бетона комплексной микродисперсной добавкой / Гегерь В.Я. и [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 15-18.
6. Лукутцова Н.П. Наномодифицированные композиционные строительные материалы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию строит. фак. и 85-летию БГИТУ (Брянск, 1-2 дек. 2015 г.). Брянск: Изд-во БГИТУ. 2015. Т. 1. С. 94-100.
7. Кинетические модели для оценки агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок к бетону и раствору, полученных ультразвуковым диспергированием минеральных компонентов в водной среде / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2015. № 1 (57). С. 130-136.
8. Лукутцова Н.П., Головин С.Н. Некоторые аспекты получения наномодифицированных композиционных строительных материалов и перспективы их развития // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства. Междун. научно-практ. конф., посв. 70-летию проф. В.С. Лесовика. Белгород, 2016. С. 195-201.
9. Лукутцова Н.П., Анисимов П.В. Физические процессы при гидратации цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 25-27.

10. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84-88.
11. Environmentally safe schungite-based nano-dispersion additive to concrete / N. Lukuttsova [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. № 22. P. 15801-15809.
12. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов / Н.П. Лукутцова [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2016. № 10. С. 16-20.
13. Анализ влияния параметров ультразвукового диспергирования на размер, устойчивость, морфологию и состав частиц наномодификатора для бетона на основе шунгита / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2013. № 5 (49). С. 62-72.
14. Оценка агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок для бетона и раствора / И.А. Кулеш [и др.] // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 312-321.
15. Lukuttsova N.P., Pykin A.A. Stability of nanodisperse additives based on metakaolin // Glass and Ceramics. 2015. № 11-12. P. 383-386.
16. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде. Пыкин А.А. [и др.] // Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.
17. Лукутцова Н.П., Устинов А.Г. Мелкозернистый бетон, модифицированный нанодисперсной добавкой биосилифицированных нанотрубок // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 396-400.
18. Лукутцова Н.П., Пашаян А.А., Хомякова Е.Н. Исследование влияния добавок на основе травильных растворов, содержащих соли железа, на структуру и прочность мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ. 2016. № 1. С. 94-104.
19. Использование песка обогащения фосфоритного производства в мелкозернистом бетоне / С.А. Ахременко [и др.] // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 52-55.
20. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.
21. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
22. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ СТАБИЛИЗАТОРА НА АГРЕГАТНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК К БЕТОНУ

Кулеш И.А., Лукутцова Н.П., Циркунова А.В., Андрюшин А.С.,
Головин С.Н. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Показано влияние природы стабилизатора на агрегатную устойчивость модифицирующих добавок к бетону на основе галлуазитовых нанотрубок (ГНТ) в водной среде.

Установлено, что модификатор на основе полинафталинсульфоната натрия С-3 обладает максимальной эффективностью в качестве стабилизатора водных дисперсий галлуазитовых нанотрубок.

Для регулирования свойств мелкозернистых бетонов на основе цементных вяжущих высокоэффективными являются микро- и наномодифицирующие добавки [1-6], которые позволяют получать экологически безопасные композиционные материалы [7, 8].

В качестве минеральной составляющей для получения комплексных добавок может использоваться шунгит [9-13], метакаолин [14-16], диоксида титана [17-19], оксид кремния [20, 21], волластонита [22, 23], биосилифицированные нанотрубки [24, 25], соли железа [26-28] и др.

Особый интерес среди наномодификаторов представляют нанотрубки и нановолокна, армирующие структуру материала и позволяющие повысить прочность мелкозернистого бетона (МЗБ) на изгиб.

Галлуазитовые нанотрубки могут рассматриваться как натуральная альтернатива углеродным нанотрубкам, которые имеют высокую стоимость и не оправдывают затрат при использовании в производстве бетонов и растворов.

Галлуазит – глинистый минерал, который добывается в месторождениях каолинита и представляет собой многослойные нанотрубки. Он состоит из гидросиликата алюминия $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и относится к подклассу слоистых силикатов [29]. По структуре и химическому составу галлуазит близок к каолиниту, от которого отличается более высоким содержанием воды (алюмосиликатные слои разделены молекулами воды). Прослойка воды в галлуазите является слабо связанной и дает расстояние около 10 Å между слоями, при дегидратации галлуазита получается форма 7 Å, которая очень близка к каолиниту.

Основным преимуществом галлуазитовых нанотрубок является то, что этот природный материал нетоксичен для живых организмов и не загрязняет окружающую среду.

Целью работы является исследование влияние природы стабилизатора на агрегатную устойчивость модифицирующих добавок к бетону на основе галлуазитовых нанотрубок в водной среде.

Как показали исследования с помощью сканирующего электронного микроскопа (рисунок 1), частицы галлуазита имеют форму удлиненной трубочки длиной до 3 мкм, внешним диаметром – 30-200 нм и внутренним – до 30 нм.

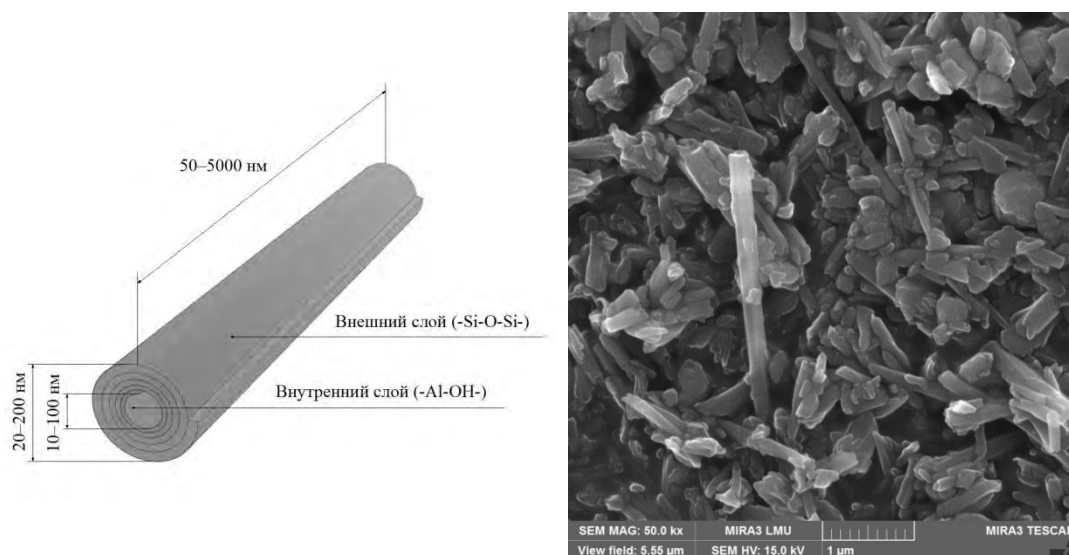


Рисунок 1 – Структура галлуазитовых нанотрубок

Структуру галлуазитовых нанотрубок можно рассматривать как лист алюмосиликата, закрученный в несколько слоев, причем внешняя поверхность образована кремнийкислородными тетраэдрами, а внутренняя – алюмогидроксильными октаэдрами. Поверхности такой нанотрубки заряжены по-разному: внешняя несет отрицательный заряд, а внутренняя – положительный. Однако на краях нанотрубок и в пределах дефектов и сколов на внешней поверхности появляются группы $-Al-OH$ и, следовательно, участки с локальными положительными зарядами. Поскольку при ультразвуковом диспергировании число подобных дефектов возрастает, то их нужно учитывать при рассмотрении адсорбции стабилизаторов на поверхности наночастиц.

По данным микронзондового анализа, элементный состав галлуазитовых нанотрубок представлен в основном, оксидами кремния 53,17% и алюминия 45,4%, на долю которых приходится 98,57%. Плотность ГНТ составляет 2510 кг/м^3 , а объем пор – $0,17-0,9 \text{ см}^3/\text{г}$.

В качестве стабилизаторов в данной работе использовались: суперпластификатор С-3; поливиниловый спирт $[-CH_2CH(OH)-]_n$ (далее ПВС), олеат натрия и катионактивная добавка Polygam L 200.

Размеры частиц, удельную поверхность твердой фазы НГТ и ζ -потенциал суспензий определялись на лазерном анализаторе Fritsch Analysette 22 NanoTec Plus (Германия).

Для разработки агрегативной устойчивости водных суспензий на основе ГНТ исследовались различные по механизму действия стабилизаторы: суперпластификатор С-3; олеат натрия $NaC_{18}H_{33}O_2$; поливиниловый спирт $[-CH_2CH(OH)-]_n$ марки ПВС 16/1, I сорта и катионактивная добавка Polygam L 200 (Франция). Дисперсионной средой служила дистиллированная вода.

Влияние природы стабилизатора на величину ζ -потенциала и размер частиц дисперсной фазы представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние природы стабилизатора на величину ζ -потенциала и размер частиц дисперсной фазы

№ п/п	Объекты исследования	Средний размер частиц $\times 10^{-6}$, м	ζ -потенциал, мВ
1	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л)	0,659	-7,77
2	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии С3 (5 г/л)	0,363	-10,83
3	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии ПВС (5 г/л)	0,734 (42,3%); 0,549 (57,7%)	-4,93
4	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии олеата натрия (5 г/л)	0,335	-19,34
5	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии С3 (5 г/л) и олеата натрия (2 г/л)	0,331	-11,85
6	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии ПВС (5 г/л) и олеата натрия (2 г/л)	0,586	+10,31
7	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (3 г/л) в присутствии С3 (5 г/л)	0,310	-13,17
8	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (3 г/л) в присутствии ПВС (5 г/л)	5,7 (3,7%) 1,606 (30,9%) 0,823 (16,2%) 0,361 на 0,29 (49,2%)	-5,09
9	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (3 г/л) в присутствии олеата натрия (5 г/л)	0,314 (76,7%) 0,0904 (23,3%)	-26,98
10	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (3 г/л) в присутствии катионоактивной адгезионной добавки (5 г/л)	0,366	+5,41

Как следует из данных таблицы 1, добавки олеата натрия приводят к максимальному увеличению абсолютного значения ζ -потенциала (образцы 4 и 9), однако указанные образцы по данным, представленным в таблице 2, существенно уступают в агрегативной устойчивости с течением времени системам, в которых применялся в качестве стабилизатора С-3. Возможно это связано с неустойчивостью поверхностных мицелл и тем, что адсорбция олеата натрия является локальной и не происходит полного покрытия поверхности частицы адсорбентом.

В качестве стабилизатора модифицирующих добавок к бетонам на основе галлуазитовых нанотрубок также исследовалась катионоактивная добавка Polyram L 200. В ее присутствии были получены данные по агрегативной устойчивости с течением времени (образец 10, таблица 2), сопоставимые с результатами для образца 7, в котором использовался С-3.

Секция 5. Инновационные строительные материалы и изделия

Таблица 2 – Влияние природы стабилизатора и времени экспозиции на удельную поверхность и размеры частиц дисперсной фазы

№	Объекты исследования	1 сутки		3 суток		20 суток	
		Средний размер частиц $\times 10^{-6}$, м	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	Средний размер частиц $\times 10^{-6}$, м	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	Средний размер частиц $\times 10^{-6}$, м	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$
1	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л)	0,63	9,01	-	-	-	-
2	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии СЗ (5 г/л)	0,38	15,79	-	-	0,57	10,92
3	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии ПВС (5 г/л)	0,64	9,53	-	-	100,13	2,0
4	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии олеата натрия (5 г/л)	0,34	17,59	-	-	1,21	9,77
5	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии СЗ (5 г/л) и олеата натрия (2 г/л)	0,33	17,79	-	-	0,72	9,57
6	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (5 г/л) в присутствии ПВС (5г/л) и олеата натрия (2 г/л)	0,59	10,22	-	-	93,83	4,2
7	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (3 г/л) в присутствии СЗ (5 г/л)	0,31	18,71	0,50	12,43	-	-
8	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (3 г/л) в присутствии ПВС (5г/л)	0,88	11,47	93,83	2,98	-	-
9	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (3 г/л) в присутствии олеата натрия (5 г/л)	0,20	22,55	1,13	9,75	-	-
10	Дисперсия галлуазитовых нанотрубок в воде (3 г/л) в присутствии катионоактивной добавки Polygam L 200 (5 г/л)	0,37	16,28	0,52	11,84	-	-

Заключение

Таким образом, исследование зависимости агрегативной устойчивости модифицирующих добавок в виде суспензий галлуазитовых нанотрубок в водной среде от вида стабилизатора, позволило сделать следующие выводы.

Максимальную эффективность в качестве стабилизатора водных дисперсий модифицирующих добавок к бетонам на основе галлуазитовых нанотрубок проявил суперпластификатор С-3, стабилизирующее действие которого вызвано, главным образом, возникновением пространственных препятствий к агрегации вследствие действия адсорбционно-сольватного и структурно-механического факторов стабилизации; электростатический фактор агрегативной устойчивости не является определяющим.

Для получения агрегативно устойчивых водных дисперсных систем галлуазитовых нанотрубок, учитывая различие зарядов на внутренней и наружной поверхности, целесообразно продолжить дальнейшие исследования.

Список литературы

1. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А. Теоретические и технологические аспекты получения микро- и нанодисперсных добавок на основе шунгитосодержащих пород для бетона. Брянск, 2013. 231 с.
2. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
3. The topology of the dispersed phase in gas concrete / L.A. Suleymanova [et al.] // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Т. 18. № 10. P.1492-1498.
4. Лукутцова Н.П. Наномодифицированные композиционные строительные материалы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию строит. фак. и 85-летию БГИТУ (Брянск, 1-2 дек. 2015 г.). Брянск: Изд-во БГИТУ. 2015. Т. 1. С. 94-100.
5. Горностаева Е.Ю., Лукутцова Н.П. Получение древесно-цементных композиций с улучшенными физико-техническими показателями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 44-46.
6. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
7. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов / Н.П. Лукутцова [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16-20.
8. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.

9. Анализ влияния параметров ультразвукового диспергирования на размер, устойчивость, морфологию и состав частиц наномодификатора для бетона на основе шунгита /Н.П. Лукутцова [и др.] //Строительство и реконструкция. 2013. № 5 (49). С. 62-72.
10. Некоторые практические аспекты фрактального моделирования структуры нанокпозиционного материала / Л.И. Евельсон [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 24-27.
11. Environmentally safe schungite-based nano-dispersion additive to concrete / N. Lukuttsova [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. № 22. P. 15801-15809.
12. Кинетические модели для оценки агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок к бетону и раствору, полученных ультразвуковым диспергированием минеральных компонентов в водной среде / Н.П. Лукутцова [и др.] //Строительство и реконструкция. 2015. № 1 (57). С. 130-136.
13. Оценка агрегативно-седиментационной устойчивости высоко-дисперсных добавок для бетона и раствора / И.А. Кулеш [и др.] // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 312-321
14. Lukuttsova N.P., Pykin A.A. Stability of nanodisperse additives based on metakaolin // Glass and Ceramics. 2015. № 11-12. P. 383-386.
15. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде /А.А. Пыкин [и др.] // Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.
16. Оптимизация составов органоминеральных добавок на основе метакаолина для цементных бетонов /А.А. Пыкин [и др.] // Научно-технологические и инновационные материалы науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения) (Белгород, 9-10 окт. 2014 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. С. 307-311.
17. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана /Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 5-8.
18. Постникова О.А., Лукутцова Н.П., Карпиков Е.Г., Петров Р.О. Исследование влияния нанодисперсной добавки на основе диоксида титана на структурные характеристики декоративных бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 56-59.
19. Самоочищающиеся покрытия на основе нанодисперсного диоксида титана / О.А. Постникова [и др.] // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 523-530.
20. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84-88.
21. Lukuttsova N. Water films (nanofilms) in cement concrete deformations // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. № 15. P. 35120-35124.

22. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength / N.P. Lukutsova [et al.] // Solid State Phenomena. 2018. Т. 284. Р. 1005-1011.

23. Бетон с микронаполнителем на основе волластонита / Н.П. Лукутцова [и др.] // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов междунар. науч. конф. (Москва, 12-13 нояб. 2014 г.). М.: Изд-во МГСУ. 2014. С. 499-504.

24. Лукутцова Н.П., Устинов А.Г. Мелкозернистый бетон, модифицированный нанодисперсной добавкой биосилифицированных нанотрубок // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 396-400.

25. Способ получения биосилифицированных нанотрубок: пат. 2539734 Рос. Федерация. № 2013152146/10 / Н.П. Лукутцова, А.Г. Устинов; заявл. 22.11.2013; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3.

26. Лукутцова Н.П., Пашаян А.А., Хомякова Е.Н. Исследование влияния добавок на основе травильных растворов, содержащих соли железа, на структуру и прочность мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ. 2016. № 1. С. 94-104.

27. Химическая добавка для цементных изделий: пат. 2622943 Рос. Федерация. № 2016118340 / А.А. Пашаян, Н.П. Лукутцова, Е.Н. Хомякова, Е.В. Оглоблина; заявл. 11.05.2016; опубл. 21.06.2017, Бюл. № 18.

28. Химическая добавка для цементных изделий: пат. 2612185 Рос. Федерация. № 2015145492 / А.А. Пашаян, Н.П. Лукутцова, Е.Н. Хомякова; заявл. 22.10.2015, опубл. 2.03.2017, Бюл. № 7.

29. Котельников Д. Д., Конюхов А. И. Глинистые минералы осадочных пород. М.: Недра. 1986. 247 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Ласман И.А., Алиев Т.Н., Ласман В.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Представлены результаты исследований влияния сырьевых композиций на эксплуатационные свойства керамического кирпича. Введение в глинистый компонент перлитового песка, микрокремнезёма и добавок-пластификаторов позволяет снизить плотность керамических образцов (в 1,3 раза) при увеличении прочности на сжатие (в 1,42 раза).

Экономичная тепловая защита зданий и сооружений в настоящее время стала важнейшей проблемой строительства и проектирования. На ограждающие конструкции зданий приходится значительная часть общих потерь тепла. В конструкциях стен, выполненных из различных материалов, потери тепла находятся в пределах от 38 до 40 %. Поэтому улучшение теплозащитных качеств ограждающих конструкций представляют на сегодняшний день одну из важных задач.

Наиболее востребованным и популярным стеновым материалом среди строительных материалов является керамический кирпич. В общем балансе производства и применения стеновых материалов керамический кирпич занимает 33%.

В настоящее время в производстве керамического кирпича сосредоточено внимание на совершенствовании технологии, улучшении качества выпускаемой продукции и расширении ассортимента. При строительстве новых предприятий предусматривается установление автоматизированных и высокомеханизированных технологических линий на базе современного отечественного и импортного оборудования [1-2].

Осваивается выпуск эффективного пустотелого керамического кирпича, который должен не только сэкономить сырьевые материалы, но и постепенно заменить традиционный полнотелый кирпич. Это позволит уменьшить толщину и массу наружных стен без снижения их теплозащитных свойств, а также создавать облегчённые конструкции панелей для индустриализации строительства [3].

Улучшить эксплуатационные характеристики керамического кирпича возможно за счёт:

- введения в шихту;
- силикат содержащего техногенного сырья;
- гранулированного доменного шлака (ГДШ) и тонкомолотого боя пенобетона;
- использования дробленого боя пенобетона вместо кварцевого песка [4-10].

Внутренняя структура керамических изделий непосредственным образом влияет на их эксплуатационные свойства, в частности на теплопроводность, коэффициент которой обязательно используется при проектировании зданий для расчета толщины наружных стен с целью обеспечения желаемых показателей теплосбережения.

Плотность керамических изделий и их теплозащитные свойства имеют непосредственную зависимость между собой.

Целью работы является исследование влияния сырьевых композиций на плотность и прочность на сжатие керамических образцов.

Исследование влияния сырьевых компонентов на эксплуатационные свойства керамических образцов осуществлялось на следующих исходных материалах:

- глины (Гукалинского месторождения);
- перлитовый песок (ОАО «Стройперлит» г. Мытищи) для снижения плотности;
- микрокремнезем конденсированный неуплотненный марки МК-85 (ООО «Альянс – Строительные Технологии» г. Дзержинский, Московской обл.) для упрочнения керамической массы;
- добавка противоморозная (ООО «Гермес» Московская обл., Подольский р-н), суперпластификатор С-3 в сухом виде (ООО «Альянс – Строительные Технологии» г. Дзержинский, Московской обл.), высокоэффективная высоко реду-

цирующая суперпластифицирующая добавка № 116 (ООО «БАСФ - Строительные системы» г. Москва) для снижения воды затворения и улучшения эксплуатационных свойств.

Исследование влияния вспученного перлитового песка и добавок, а также упрочнения керамической массы на эксплуатационные свойства керамических образцов проводилось на образцах размером $7 \times 7 \times 7$ см. Изготовление образцов осуществлялось в следующей последовательности: разработка сырьевых композиций (таблица 1); приготовление формовочной массы заданного состава; формование образцов; сушка и обжиг образцов; испытание образцов на среднюю плотность и прочность на сжатие; обработка полученных результатов. Полученные результаты исследований керамических образцов представлены на рисунках 1- 3.

Таблица 1 – Сырьевые композиции

Сырьевая композиция, наименование компонентов	Соотношение сырьевых компонентов, масс. ч.
1 – контрольная – глина : вода	1:0,3
2 – глина : перлитовый песок	1:0,25
3 – глина : перлитовый песок : высокоэффективная высоко- редуцирующая суперпластифицирующая добавка № 116	1:0,20:0,125
4 – глина : перлитовый песок : высокоэффективная высоко- редуцирующая суперпластифицирующая добавка № 116	1:0,10:0,25
5 – глина : перлитовый песок : микрокремнезём: добавка противоморозная с С-3	1:0,45:0,26:0,010
6 – глина : перлитовый песок : микрокремнезём : добавка противоморозная с С-3	1:0,25:0,063:0,019
7 – глина : перлитовый песок : высокоэффективная высоко- редуцирующая суперпластифицирующая добавка № 116	1:0,25:0,13
8 – глина : перлитовый песок : суперпластификатор С-3 (порошок)	1:0,25:0,13
9 – глина: перлитовый песок	1:0,43
10 – глина: перлитовый песок: микрокремнезём: суперпластификатор С-3 (порошок)	1:0,45:0,034:0,012
11 – глина: перлитовый песок: микрокремнезём: суперпластификатор С-3 (порошок)	1:0,25:0,047:0,017

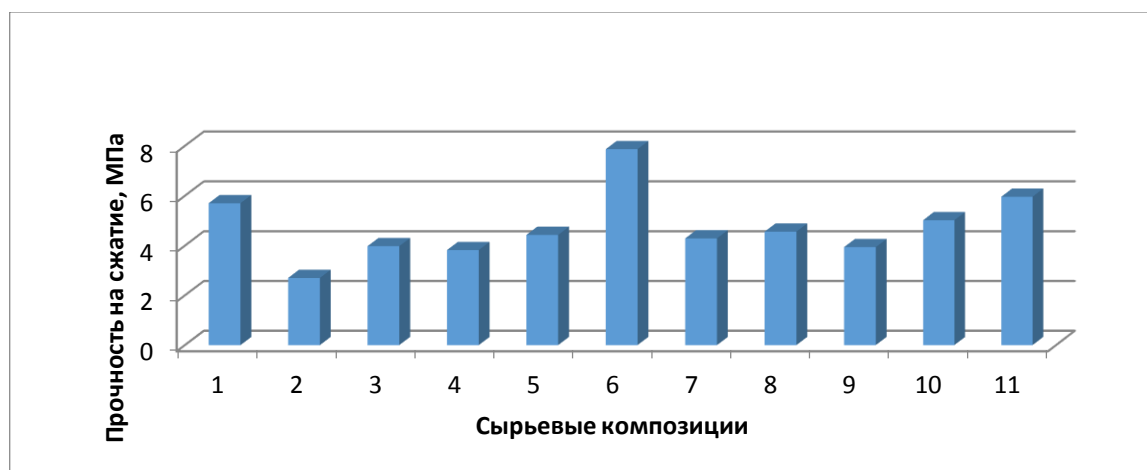


Рисунок 1 – Зависимость прочности на сжатие керамических образцов от сырьевой композиции

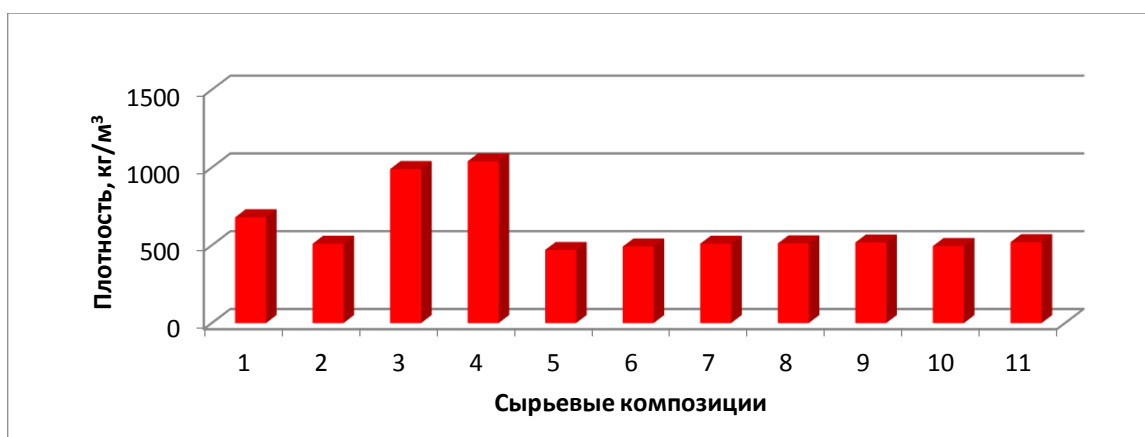


Рисунок 2 – Зависимость плотности керамических образцов от сырьевой композиции

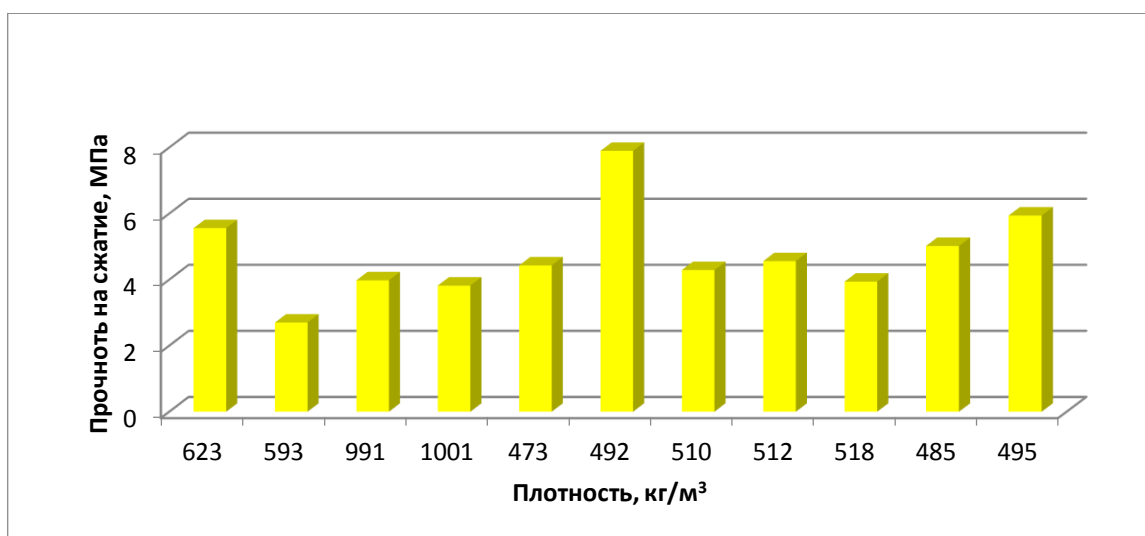


Рисунок 3 – Зависимость прочности на сжатие керамических образцов от их плотности

Наилучшие результаты по прочности на сжатие показали образцы сырьевых композиций под номерами 6 (глина, перлитовый песок, микрокремнезём и добавка противоморозная с С-3) и 11 (глина, перлитовый песок, микрокремнезём и суперпластификатор С-3 (порошок)).

При определении плотности образцов наилучшими оказались сырьевые композиции под номерами 5 (глина, перлитовый песок, микрокремнезём и добавка противоморозная с С-3) и 10 (глина, перлитовый песок, микрокремнезём и суперпластификатор С-3).

В результате исследования влияния плотности керамических образцов на их прочность на сжатие было установлено, что лучшими показателями обладают керамические образцы, изготовленные из сырьевых композиций под номерами:

- 6, состоящей из глины, перлитового песка, микрокремнезёма и добавки противоморозной с С-3, показала, что при плотности 492 кг/м³ прочность на сжатие керамических образцов составила 7,87 МПа;

- 11, состоящей из глины, перлитового песка, микрокремнезёма и суперпластификатора С-3 (порошок), показала, что при плотности 495 кг/м³ прочность на сжатие керамических образцов составила 5,86 МПа.

Заключение

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что:

- составы сырьевых композиций существенно влияют на физико-механические свойства керамических образцов. При введении микрокремнезёма, перлитового песка и добавок в керамическую массу плотность снижается от 623 до 492 кг/м³ при одновременном увеличении прочности на сжатие керамических образцов от 5,56 до 7,87 МПа.
- подтверждена возможность улучшения эксплуатационных характеристик керамического кирпича за счёт применения сырьевых композиций состав 6 (глина, перлитовый песок, микрокремнезём и добавка противоморозная с С-3) и состав 11 (глина, перлитовый песок, микрокремнезём и суперпластификатор С-3);
- применение нетрадиционных сырьевых материалов (природного и технического сырья) для производства керамического кирпича позволяет улучшить его эксплуатационные характеристики, а также расширить сырьевую базу.

Список литературы

1. Российский рынок керамических стеновых материалов в 2016 году (информация) // Строительные материалы. 2017. № 4. С. 4–5.
2. Полозов А. Н. Особенности реализации проектов строительства кирпичных заводов с импортным оборудованием // Строительные материалы. 2009. № 10. С. 8-11.
3. Бурученко А. Е. Возможности использования вторичного сырья для получения строительной керамики и ситаллов // Вестник Тувинского государственного университета. Выпуск № 3: Технические и физико-математические науки. 2013. № 3 (18). С. 7-14.
4. Верещагин В. И., Керамические теплоизоляционные материалы из природного и техногенного сырья / В. И. Верещагин, В. М. Погребенко, Т. А. Хабас // Строительные материалы. 2000. № 4. С. 34-36.
5. Кривокульская А. М. Использование твердых отходов пенобетона в производстве керамического кирпича / А. М. Кривокульская, В. В. Суконников, Е. Р. Дементьева // «Пенобетон-2007»: матер. междунар. научно-практ. конф. ПГУПС, СПб., 2007. С. 176-179.
6. Кривокульская А. М. Новые теплоизоляционные материалы с использованием техногенного сырья / Л. Л. Масленникова, А. М. Кривокульская // Новые исследования в материаловедении и экологии: сб. науч. ст. ПГУПС, СПб., 2008. Вып. 8. С. 50-52.
7. Славина А. М. Обжиговые строительные материалы на техногенном сырье с улучшенными теплозащитными свойствами / А. М. Славина // Известия ПГУПС. СПб., 2009. Вып. 3. С.197-207.
8. Керамическая масса: пат. 2281925 Рос. Федерация № 2004139152/03/ Л. Б. Сватовская, Л. Л. Масленникова, И. В. Васильева, С. В. Мякин, М. Абу-Хасал, А. М. Кривокульская; заявл. 31.12.2004; опубл. 20.08.2006, Бюл. № 23. 6 с.

9. Шихта для изготовления керамического кирпича: пат. 2412131 Рос. Федерация № 2009143286/03/ Л. Б. Сватовская, Л. Л. Масленникова, Н. А. Бабак, А. М. Славина; заявл. 23.11.2009; опубл. 20.02.2011, Бюл. № 5. 8 с.

10. Ревва И. Б. Использование нетрадиционного природного сырья для производства строительной керамики / И.Б. Ревва, О.В. Новикова, Т.В. Вакалова // Современные техника и технологии: труды X юбилейной междунар. научно-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых. Томск, 2004. С. 82-84.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. Новоцкая А.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Обоснована возможность использования загрязненной радионуклидами древесины для изготовления обрезных пиломатериалов для последующего их использования в строительстве. Показано, что наиболее целесообразным способом переработки, загрязненной радионуклидами древесины является получение обрезных пиломатериалов. Для удаления краевой части с большим уровнем радиоактивности предлагается использовать устройства, содержащие механизм подачи, два однопильных станка для последовательной обрезки по каждой из кромок и направляющие для перемещения пиломатериалов параллельно обрезаемым кромкам. Доказано, что полученные таким способом пиломатериалы возможно применять древесину для строительства жилых помещений и домов: для изготовления бруса и бревен, досок половых и потолочных, балок, стропил и перекрытий, дверных и оконных рам и других изделий, если величина допустимого уровня содержания радионуклидов не превосходит допустимые пределы.

Постоянно уменьшающиеся в европейской части страны запасы традиционно используемой в качестве сырья древесины хвойных и твердолиственных пород обуславливают необходимость поиска новой сырьевой базы [1]. Это могут быть леса, подвергшиеся радиоактивному загрязнению. Они занимают значительную часть лесного фонда на европейской части России. В 15 областях площадь земель лесного фонда, загрязненных цезием-137 при аварии на Чернобыльской АЭС составляет 982, 6 тысяч гектаров.

В зонах с плотностью загрязнения почвы цезием-137 свыше 5 Ки/м² находится почти 40% площади загрязненных лесов. В Брянской области загрязнено лесного фонда 171 тыс. га, а в Белгородской области – 15,4 тыс.га. Значительную часть из них (более 45%) занимают средневозрастные леса, что обуславливает их высокую пожароопасность. Вследствие этого возникает большая угроза вторичного радиоактивного загрязнения прилегающих территорий. Загрязненные леса нуждаются в проведении противопожарных и лесозащитных мероприятий: санитарных рубках, создании противопожарных разрывов, разрубках и расчистках квартальных просек, устройстве дорог противопожарного назначения и др.

Уровень радиоактивного загрязнения регламентируется в нормативной документации двумя основными «долгоживущими» продуктами деления - стронцием-90 и цезием-137. Основными факторами, определяющими накопление цезия-137 и стронция-90 в древесине, является видовая принадлежность, условия произрастания и биологическая доступность радионуклидов. Загрязненность древесины техногенными радионуклидами зависит от плотности загрязнения почвы цезием-137. Для сосны при одном и том же диапазоне изменения плотности загрязнения почвы цезием-137 интенсивнее всего его концентрация нарастает в лубе, менее всего она изменяется в древесине. В противоположность сосне для ели с изменением плотности загрязнения почвы интенсивнее всего возрастает концентрация цезия-137 в древесине и менее всего в коре [2-5].

При облучении древесины происходит некоторое снижение ее физико-механических показателей. Однако при исследовании древесины, произрастающей на территории с загрязнения свыше 40 Ки/м^2 установлено, что ограничения на ее использование будут определяться только содержанием в них радионуклидов. По степени загрязнения обычно образуется следующий ряд: береза, дуб, осина, ольха, сосна. Древесина сосны может использоваться без ограничений при плотности загрязнения до 15 Ки/м^2 . В исследованиях [6] установлено снижение величины удельной активности цезия-137 в древесине для различных зон ствола (таблица 1).

Таблица 1 - Величина удельной активности цезия-137 в древесине для различных зон ствола

Зона кряжа	Удельная активность цезия-137	
	Бк/кг	%
Кора	6660	100
Верхний односантиметровый слой	1407	21
Второй односантиметровый слой	666	10
Третий односантиметровый слой	480	7
Оставшаяся часть древесины	407	6

Из таблицы 1, видно, что загрязненность ствола дерева с удалением от поверхности снижается. После удаления коры и двух сантиметрового слоя такую древесину необходимо перерабатывать, чтобы получить строительные материалы с содержанием радионуклидов на допустимом уровне.

Наиболее приемлемым способом переработки загрязненной древесины является получение обрезных пиломатериалов на месте, чтобы исключить радиоактивное загрязнение территории деревообрабатывающих предприятий.

Получение обрезных пиломатериалов основано на удалении периферийной части с большим уровнем радиоактивности из необрезного пиломатериала. Для этого предлагается использовать устройство, содержащее механизм подачи, два однопильных станка для последовательной обрезки по каждой из кромок и направляющие для перемещения пиломатериалов параллельно обрезаемым кромкам [7]. На рисунке 1 показана схема получения обрезных пиломатериалов из загрязненной радионуклидами древесины.

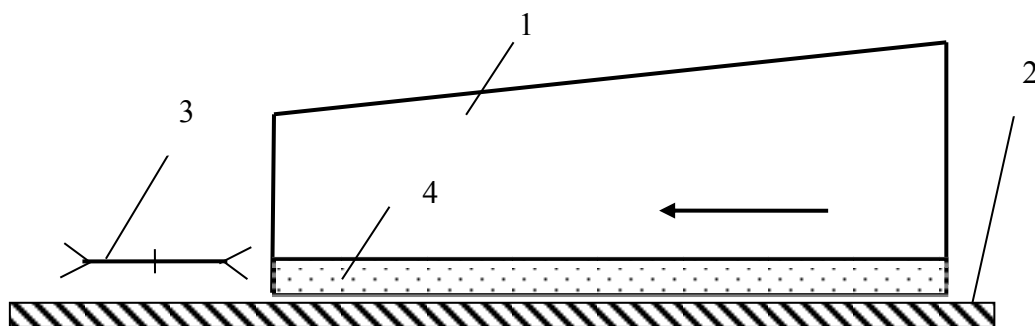


Рисунок 1 – Схема получения обрезных пиломатериалов из загрязненной радионуклидами древесины: 1 – необрезной пиломатериал; 2 – направляющая; 3 – пила; 4 – обрезаемая загрязненная радионуклидами полоса

В исходном положении пиломатериал 1 прижат к одной из направляющих 2. При подаче пиломатериала вдоль направляющей 2 пила 3 отрезает загрязненную радионуклидами обзолную полосу 4. Обрезка пиломатериала с другой стороны производится аналогичным образом.

Данное устройство целесообразно применять для обрезки центральных досок. В боковых досках обзолная обрезаемая часть закруглена. Поэтому для обрезки этих досок целесообразно применять устройство, у которого пильный диск расположен под углом к обрезаемой кромке.

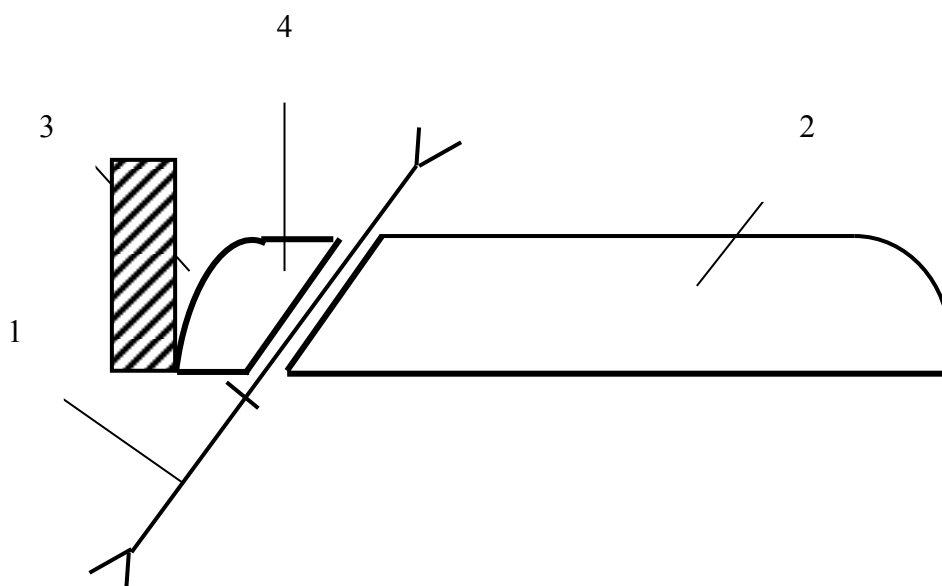


Рисунок 2 – Схема получения обрезных пиломатериалов из загрязненной радионуклидами древесины: 1 – пила; 2 - необрезной пиломатериал; 3 – направляющая; 4 – обрезаемая загрязненная радионуклидами полоса

Пила 1 располагается под углом 45° к горизонтальной плоскости. При движении пиломатериала 2 вдоль левой направляющей 3 пила 1 отрезает обзолную полосу 4. Обрезка обзола на втором проходе 4 с противоположного края производится аналогично (рисунок 2). Поперечное сечение пиломатериала после двухсторонней обрезки имеет форму трапеции, что позволяет увеличить полезный

выход. Применение данного способа обрезки пиломатериалов под углом способствует увеличению полезного выхода. Например, при обрезке под углом доски толщиной 19 мм и шириной 18 см полезный выход увеличится на 10%. Последовательная обрезка параллельно кромке вначале с одной стороны, затем с другой позволяет получить обрезные пиломатериалы без загрязненной радионуклидами обзолной части, причем процесс обрезки может быть механизирован и производиться без перенастройки оборудования. В полученных пиломатериалах допустимая удельная активность стронция-90 должна быть не более 2300 Бк/кг, цезия-137 – не более 190 Бк/кг [8].

Наиболее загрязненная радионуклидами часть древесного ствола (кора и двухсантиметровый слой) должна удаляться непосредственно на лесосеке, чтобы исключить перенос радиоактивных элементов на незагрязненные территории. Для этого можно применять мобильные окорочные станки с приводом от дизельных или бензиновых двигателей. Образующиеся при этом радиоактивно загрязненные отходы необходимо оставлять на месте обработки в специально подготовленные траншеи.

Использовать полученные пиломатериалы целесообразно в дальнейшем использовать в конструкциях, мало соприкасающихся в процессе эксплуатации с человеком – например, в обрешетке крыши, если величина допустимого уровня содержания цезия-137 и стронция-90 составляет соответственно не более 370 Бк/кг и не более 5200 Бк/кг [9].

Заключение

1. При облучении древесины происходит некоторое снижение ее физико-механических показателей. Однако в исследованиях физико-механических показателей древесины, произрастающей на территории с загрязнением свыше 40 Ки/м², установлено, что ограничения на ее использование будут определяться только содержанием в них радионуклидов.

2. Наиболее приемлемым способом переработки, загрязненной радионуклидами древесины является получение обрезных пиломатериалов. Для удаления краевой части с большим уровнем радиоактивности предлагается использовать устройство, содержащее механизм подачи, два однопильных станка для последовательной обрезки по каждой из кромок и направляющие для перемещения пиломатериалов параллельно обрезаемым кромкам

3. Полученные таким способом пиломатериалы, допускается применять для строительства жилых домов: для изготовления бруса и бревен, досок половых и потолочных, балок, стропил и перекрытий, дверных и оконных рам и других изделий, если величина допустимого уровня содержания цезия-137 и стронция-90 составляет соответственно не более 370 Бк/кг и 5200 Бк/кг.

Список литературы

1. Лукутцова Н.П., Кожухар В.М. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы промышленности строительных материалов //Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8. С. 70-75.
2. Ахременко С.А., Лукутцова Н.П. Снижение радиоактивности сырья и строительных материалов //Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2008. № 2-18. С. 56-60.
3. Лукутцова Н.П., Васюнина С.В. Радиационное загрязнение древесины //Строительные материалы. 2006. № 5. С. 54-56.
4. Лукутцова Н.П. Техногенные радионуклиды и строительные материалы //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. № 2 (37). С. 18.
5. Мащенко Т.В. Использование древесины в строительном комплексе в зависимости от условий их произрастания на радиоактивно-загрязненных территориях: дис. ... канд. с/х наук: 03.00.16 защищена 1999 г. Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 1999. 159 с.
6. Лукаш А.А. Переработка загрязненной радионуклидами древесины. // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса: в международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию кафедры технологии древесины ФГБОУ КГТУ/ отв. Ред. С.А. Угрюмов, Т.Н. Вахнина, А.А. Титунин. Кострома: Изд-во КГТУ. 2015. С.151-153.
7. Устройство для получения обрезных пиломатериалов из необрезных. пат. РФ на полезную модель №175827, МПК В27В5/00./А.А. Лукаш, Т.А.Малолетнева, К.П.Колотвин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО БГИТУ. - № 2016150334; заявл. 20.12.2016; опубл. 21.12.2017, Бюл. № 36.
8. Устройство для получения обрезных пиломатериалов из необрезных Пат. РФ на полезную модель № 181337, МПК В27В5/00 /А.А. Лукаш и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО БГИТУ. - № 2018110038; заявл. 21.3.2018; опубл. 11.7.2018, Бюл. № 20.
9. Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в продукции лесного хозяйства. Санитарные правила. СП 2.6.1.759-99. 2.6.1. (утв. Минздравом РФ 02.07.1999).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕКЛЯННЫХ МИКРОСФЕР
НА СВОЙСТВА БЕЛОГО ЦЕМЕНТА**

Масанин О.О., Нелюбова В.В. (БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ)

В статье рассматривается возможность введения полых стеклянных микросфер в состав бетонных композитов с целью снижения веса конструктивных элементов зданий и сооружений без критического снижения прочности.

The article discusses the possibility of introducing glass bubbles into the composition of concrete composites to reduce the weight of structural elements of buildings and structures without a critical reduction in strength.

Повышение эффективности строительства не представляется возможным без применения современных технологических решений и новых строительных материалов, в том числе с применением различных агентов, вводимых в состав бетона. На данный момент актуальным направлением исследований является разработка строительных материалов, обладающих комплексным набором эксплуатационных свойств, зачастую практически взаимоисключающих друг друга. Одним из таких материалов можно считать облегченный архитектурный бетон, содержащий в своем составе полые стеклянные микросферы, и характеризующийся при этом значительными показателями по прочности.

В настоящее время известно достаточное количество способов снижения веса конструкции. Одним из эффективных является использование легких заполнителей различного состава [4], в том числе полых микросфер.

В настоящее время применение микросфер ориентировано в основном для улучшения или модификации свойств материалов на основе различных полимеров. В последнее время микросферы все больше используются в строительной отрасли при производстве тампонажных растворов, наливных полов, кладочных растворов и т.д. Использование полых микросфер в строительных материалах позволяет обеспечивать требуемые параметры физико-механических свойств за счет высокой прочности материала стенки, близкой к идеальной сфере формы частиц, однородного фракционного состава и низкой плотности [4].

Имеющиеся данные различных исследований по оценке комплексного влияния вводимых микросфер на спектр эксплуатационных характеристик архитектурного бетона в некоторой мере разрознен и зачастую носит противоречивый характер. Исходя из этого, было принято решение о проведении ряда экспериментов для выявления определенных зависимостей между присутствием в композите микросфер и его характеристиками, такими как прочность на изгиб и сжатие, а также плотностью. Для исследований в работе использовали белый цемент ЦЕМ I 52,5Б и микросферы производства ЗМ, марки К20 (таблица 1). Применение такого вяжущего в архитектурных бетонах оправдано быстрым набором прочности, высоким уровнем прочности на изгиб и сжатие, а также положительными эстетическими качествами, что позволяет использовать такие вяжущие при возведении различных декоративных сооружений и конструкций. Целью же введения микросфер является снижение массы готовых конструкций без критического снижения прочностных показателей.

Таблица 1 – Физико-механические свойства цемента микросфер и ЦЕМ I 52,5Б

Показатель	Значение
<i>Цемент</i>	
Нормальная густота	0,34
Начало схватывания	1ч 25 минут
Конец схватывания	2ч 20 минут
<i>Микросферы</i>	
Прочность на сжатие	500
Плотность, г/см ³	0,2
Размер частиц, мкм	60

Далее, были изготовлены для оценки прочностных показателей образцы чистого, а также содержащего полые стеклянные микросферы, цементного камня. Микросферы изначально перемешивались с вяжущим, после вводилась вода затворения. Так как плотность вяжущего и микросфер не сопоставимы, микросферы вводили в объемных долях. Опытным путем были установлены оптимальные значения дозировок: 0,07 %, 0,15 %, 0,25 %, 0,31 %.

Таблица 2 – Свойства цементного камня с микросферами

Образец	Предел прочности при сжатии, МПа	Масса, г/% снижения
Чистый	44,2	16,6
0,07% МС	50,3	15,7/5,7
0,15% МС	44,5	14,5/14
0,25% МС	38	13,9/19,4
0,31% МС	33,6	13,4/23,5

Судя по данным (таблица 2, рисунок 1), прочность на сжатие испытываемых образцов прямо пропорциональна содержанию полых стеклянных микросфер в составе композита.

Так, введение небольшого количества микросфер приводит к росту прочности цементного камня на основе белого цемента более, чем на 10 %. При этом дальнейшее увеличение концентрации дисперсного компонента обеспечивает равномерное падение прочности. При этом, значительные снижения прочности наблюдаются при дозировках микросфер свыше 0,15 % по объему. Следовательно, можно сделать вывод, что в умеренных дозировках микросферы способны поддерживать уровень прочности на сжатие, сопоставимый с уровнем прочности контрольного композита без содержащихся в нем микросфер.

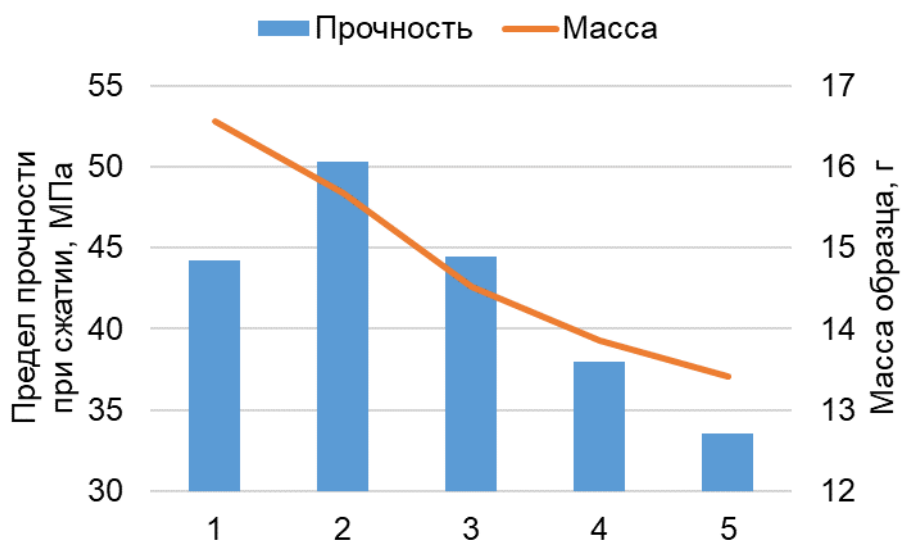


Рисунок 1 – Зависимости прочности и массы образцов цементного камня от концентрации микросфер в объеме:

1 – чистый камень; 2 – 0,07 %; 3 – 0,15 %; 4 – 0,25 %; 5 – 0,31 %.

Указанное можно объяснить недостатком воды как технологической «смазки» в системе. Это приводит к увеличению жёсткости смеси с одной стороны, а с другой – нехватке сольватной оболочки на поверхности частиц цемента, необходимо для его полноценной гидратации.

Введение микросфер очевидно снижает массу образцов. Введение менее 0,5 % дисперсного полого компонента обеспечивает снижение массы на 25 процентов. Это означает, что микросферы являются эффективным компонентом для снижения средней плотности конструкции, однако, требуют подходов для нивелирования отрицательного влияния в части падения прочностных показателей материала.

Дальнейшие эксперименты в этой области весьма перспективны. Снижение массы конструктивных элементов зданий и сооружений позволит решать сложные архитектурные задачи и расширит область применения бетонов при строительстве многоэтажных и высотных зданий, возведении большепролетных сооружений, устройстве сложных строительных объектов, где применение высокоплотных материалов невозможно.

Таким образом, архитектурные бетоны, содержащие в составе микросферы, являются перспективным строительным материалом, позволяющим повысить эффективность строительной отрасли в целом. Применение таких высокотехнологичных бетонов, обладающих уникальным набором свойств, обуславливается экономическими преимуществами для производителей и застройщиков при строительстве коммерческой недвижимости, а также высокой надежностью и долговечностью для государства при возведении специальных объектов. Тем не менее, для достижения высокой эффективности таких бетонов необходим тщательный подбор компонентного состава бетона с учетом особенностей влияния высокодисперсных стеклянных микросфер, обуславливающих при существенном снижении объемного веса конструкции соответствующее падение их прочности, что недопустимо независимо от функционального назначения материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для научных школ НШ-2724.2018.8.

Список литературы

1. Боцман Л.Н., Строкова В.В., Агеева М.С. Теплоэффективные бетоны нового поколения // Saarbrücken, 2015.
2. Строкова В.В., Огурцова Ю.Н., Боцман Л.Н. Эпикристаллизационное модифицирование строительных композитов различного функционального назначения с использованием гранулированного наноструктурирующего заполнителя // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2016. Т. 8. № 5. С. 42-59.
3. Клочков А.В., Строкова В.В., Мосьпан В.И. Теплоизоляционный ячеистый цементный раствор // Сухие строительные смеси. 2014. № 2. С. 35.
4. Клочков А.В., Строкова В.В., Павленко Н.В. Конструкционно-теплоизоляционные кладочные смеси с применением полых стеклянных микросфер // Строительные материалы. 2012. № 12. С. 24-27.

5. Ключков А.В., Павленко Н.В., Строкова В.В., Беленцов Ю.А. К вопросу об использовании стеклянных полых микросфер для теплоизоляционно-конструкционных кладочных растворов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 64-66.

6. Бондаренко Д.О., Строкова В.В. Использование отходов промышленности для покрытий на мелкозернистом бетоне // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. № 10. С. 256-259.

7. Строкова В.В., Бондаренко Д.О., Козырева В.В. Перспективы повышения эффективности композиционного материала за счет применения полых микросфер // В книге: Инновационные материалы и технологии в дизайне сборник тезисов докладов III Всероссийской научно-технической конференции с участием молодых ученых. 2017. С. 67-68.

8. Строкова В.В., Бондаренко Д.О., Маркова И.Ю. Исследование микро-структуры полых микросфер, используемых в композиционных материалах // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2016. № 7. С. 52-55.

9. Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семёнов В.С., Кретьова У.Е. Полые микросферы – эффективный наполнитель в строительные и тампонажные растворы // Промышленное и гражданское строительство, № 9, 2010, с. 50-51.

10. Иноземцев А.С., Королёв Е.В. Высокопрочные легкие бетоны - конструкционный бетон нового поколения // Технологии бетонов. 2014. № 9 (98). С. 40-44.

ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Махортов Д.С., Загороднюк Л.Х., Колотилин Д.В., Чепенко А.С
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ)

В статье приведена информация о имеющихся разработках по использованию отходов животноводческого производства в строительстве.

Старые русские мастера использовали в строительной технологии различные биопродукты. Исследования образцов долговечных кладочных и штукатурных растворов из древних сооружений подтверждают сведения рукописных первоисточников о широком использовании различных добавок на основе веществ растительного и животного происхождения [1].

К настоящему времени имеется определенный опыт производства пластифицирующих добавок на основе белков животного происхождения российскими и зарубежными производителями [2-7].

История применения добавок из природных белков в строительстве насчитывает несколько веков. Она началась во времена строительства амфитеатра Колизей в Древнем Риме. Уже тогда в известь, прародительницу портландцемента, добавляли белок куриного яйца. Далее номенклатура добавок была расширена – использовались отвары различных трав, отвары шкур и рогов животных и т.п.

Механизм их действия в то время был непонятен, но эффекты от их применения были очевидны без использования современных методов исследования. Строительные растворы с такими добавками пластичнее, легче изготавливаются, отличаются связностью, живучестью смеси, характеризуются высокими прочностными показателями и водо- и морозоустойчивостью.

Сегодня ряд предприятий, большая часть из которых зарубежные, выпускают добавки на основе так называемых белковых гидролизаторов. Чтобы было понятнее, гидролизатор белка это, говоря по-простому, – отвар белка, во многом идентичный добавкам, использованным много веков назад. Вместе с тем, строительная наука не стоит на месте, и разработанные современные протеиновые добавки значительно превосходят свои прототипы.

Если рассмотреть молекулу белка под микроскопом при мощном увеличении, то увидим множество длинных переплетных нитей, очень напоминающих молекулы синтезированных человеком веществ – поливинилацетата (ПВА), поливинилхлорида (ПВХ), полистирола и любого другого полимера. Огромное количество полимеров применяется для улучшения свойств бетонов, особенно часто такие добавки применяют при изготовлении сухих строительных смесей. Также можно вспомнить, насколько возрастает прочность и водостойкость обычного цементно-песчаного раствора при добавке в него клея ПВА на основе поливинилацетатной эмульсии. Тот же самый механизм упрочнения работает и при добавке в цементные растворы, вообще, и пенобетон в частности, природных белковых полимеров.

К примеру: протеиновый (белковый) модификатор Ecoprotein PL обеспечивает снижение водопотребности пенобетонной смеси на 5-15%, и, как результат, увеличение прочности пенобетона как в ранние сроки, так и в возрасте 28 суток [3]. Механизм действия белкового гидролизата в этом случае похож на механизм работы суперпластификаторов. Он адсорбируется на частицах портландцемента и препятствует их слипанию (агрегации), за счет чего уменьшается количество воды, необходимое для достижения достаточной вязкости. Отрицательно заряженные частицы белка адсорбируются преимущественно на положительно заряженных частицах цемента, обеспечивая высвобождение воды, связанной агрегатами, состоящими из частиц цемента.

Применение биологическим отходам нашла компания «БиоТехнологии». Она производит модификатор бетонных (пенобетонных) смесей «Биотех» на основе белкового гидролизата [4]. Многофункциональность действия добавки определяется одновременным проявлением свойств пластификатора, ускорителя твердения, ингибитора металлической арматуры, водоудерживателя. Протеиновая основа комплексной добавки в бетон «Биотех» позволяет ей полностью разложиться в процессе формирования цементного камня, отработав, что называется, «на 100%» и не оставить за собой никаких, тем более вредных, следов. В отличие от пластификаторов-лигносульфонатов животного происхождения протеиновой добавки позволяет исключить из состава её состава всевозможных сахаров, сильно замедляющих процессы схватывания цемента. Производится добавка как в жидком, так и в сухом виде.

Применение модификатора «Биотех» в бетонных растворах позволяет полностью исключить их расслоение и значительно снизить водоотделение. Пластифицирующие свойства комплексной добавки решают вопрос удобоукладываемости и повышают жизнеспособность смеси. Повышение прочности бетона, даже без снижения водоцементного отношения, достигается за счёт создания дополнительных центров кристаллизации и более полной гидратации цемента, являясь одной из основных характеристик модификатора «Биотех». Биоцидные вещества, образующиеся в добавке, препятствуют появлению плесени на оштукатуренных и облицованных поверхностях стен и потолков.

В производстве неавтоклавного пенобетона применение комплексной добавки позволяет заметно снизить водоцементное отношение в растворе и сохранить при этом необходимую пластичность до выгрузки в формы или опалубку. Снижение В/Ц, разумеется, приводит к ускорению твердения и набора прочности пенобетона. Повышенная водоудерживающая способность «Биотех» решает вопрос водоотделения и расслоения смеси. Каждый пенобетонщик знаком с явлением «мокрого и рыхлого низа блока» после распалубки, что доставляет немало хлопот в достижении необходимого качества изделия – протеиновая добавка решает эту проблему. Также наблюдается уменьшение усадки пенобетона и отсутствие усадочных трещин.

Модификатор бетонов (пенобетонов) «Биотех» одинаково хорошо работает практически со всеми существующими на данный момент на рынке России пенообразователями, как синтетическими, так и белковыми.

На базе компаний «МатЭкос» и «Альфа-Спираль» производится модифицирующая добавка ЭСТ для бетонных смесей на основе белкового гидролизата [2, 5].

Это животный протеин, получаемый из роговицы, плазмы крови, шерсти, рогов и копыт.

Модификатор ЭСТ меняет сразу несколько свойств растворов. Повышает пластичность, уменьшает время твердения, уменьшает в несколько раз скорость коррозии арматуры, удерживает воду, активизирует цемент, увеличивая вяжущие свойства [2]. Белковая база и отсутствие сахаров в комплексной модифицирующей добавке ЭСТ гарантирует стопроцентный результат в процессе формирования цементного камня.

ЭСТ в растворе исключает расслоение и значительно снижает водоотделение, также решается вопрос удобоукладываемости и жизнеспособности смеси, особенно в летний период.

Добавка позволяет повысить морозостойкость до -15 °С. Активные Smart X протеины (белки) повысят прочность изделия, даже без снижения водоцементного отношения. Добавка ЭСТ в растворе активизирует цемент, при этом появляются новые центры кристаллизации, гидратация цемента становится максимально полной. Антивисольный эффект добавки ЭСТ препятствует появлению белых разводов на оштукатуренных и облицованных поверхностях стен и потолков, что придает более эстетичный внешний вид.

Что касается конкретных изделий с использованием модификатора, то, например, при производстве неавтоклавнога ячеистого бетона (пенобетон, газобетон) использование ЭСТ понижает водоцементное отношение в растворе и оставляет нужную пластичность. Это ведет к ускорению твердения и набора прочности. Проблема расслоения смеси и повышенного водоотделения решается водоудерживающей способностью ЭСТ. Никакого «мокрого и рыхлого низа блока» после распалубки, никакой усадки пенобетона и никаких усадочных трещин.

Порошкообразная комплексная добавка ЭСТ улучшает условия формовки изделий на вибропрессах, повышает марочность (класс по прочности) бетона, повышает прочность бетона на 30-80%, снижает расход цемента на 8-20%, повышает марку по водонепроницаемости бетона, увеличивает морозостойкость бетона, снижает энергозатраты на ТВО. При производстве стеновых камней КСР-1 0.5% ЭСТ при снижении цемента на 8% повышает плотность бетона на 5%, предел прочности через 28 дней на 82%.

В производстве железобетонных колец (ГОСТ 8020) методом объемного виброформования 0.5% ЭСТ повышает марку по водопроницаемости с W6 до W10 при плотности 2290 кг/м³, а также средний предел прочности при сжатии 61 МПа через 28 суток, что является 205% от проектной марки. Применение комплексной добавки-пластификатора ЭСТ в штукатурных и кладочных растворах увеличивает подвижность смесей от Пк3 до Пк4, повышает марочность (класс по прочности) строительных растворов, улучшает прокачиваемость растворонасосами штукатурных станций, снижает водоотделение и расслаиваемость смесей, уменьшает появление поверхностных трещин при укладке литых растворных стяжек по полу, снижает проявление высолообразования, повышает прочность раствора на 10-30%, снижает расход цемента на 10-12%, обеспечивает работу с растворной смесью при температурах до - 15°C без применения противоморозных добавок.

Кладочный раствор "не садится", легок в работе, не стекает со стены и не загрязняет кладку. Использование модификатора ЭСТ обеспечивает необходимую тиксотропность растворам, позволяет разжижаться в процессе механического воздействия и сгущаться в момент нанесения на стены (состояния покоя) [2]. После высыхания не наблюдается высолов на поверхности и образование плесени. Снижение расхода песка и воды затворения облегчает перекачку смеси растворонасосами при автоматизированном нанесении штукатурки (особенно на неровные поверхности).

Представляет значительный интерес использования добавок, синтезированных на основе отходов животноводства в составах композиционных вяжущих различного функционального назначения [8-15].

Проведенные нами исследования применения добавки синтезированной на основе белков животного происхождения показали высокие прочностные характеристики, которые превышают показатели таких пластификаторов как Мельмент F-10 и СП-1 на 10-20%. Расплыв конуса: при использовании биологической добавки дал результата в 177 мм, что сопоставимо с Мельмент F-10 и на 100 мм превышает показатели СП-1.

Таким образом, применение отходов животноводства в строительстве имеет ряд преимуществ и позволяет решить значительное количество экологических проблем. При этом как показывает практика можно получать высококачественные, конкурентоспособные добавки для бетонных смесей. При наладке безотходного производства очевидна экономическая выгода.

Библиографический список

1. Лукьянова Т.А. Технологические особенности древнерусских фресок // Ярославский педагогический вестник, 2012, № 3, том I (Гуманитарные науки), с. 214-218.
2. Ю. С. Топчий, Д.М. Хабиров. Модифицированный белковый пластификатор для цементных систем // Технологии бетонов, 2013, № 11, с. 46-47.
3. Сайт ООО Экостройматериалы /Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://www.penostroy.ru/equip/17.html>
4. Сайт Биотехнологии /Электронный ресурс/ Режим доступа: http://www.bio-t.pro/company/bio_technology/
5. Сайт ООО МатЭкоС /Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://penoprom.ru/>
6. Martin Cyr, Christine Ludmann, "Low risk meat and bone meal (MBM) bottom ash in mortars as sand replacement" Cement & Concrete Research, Vol. 36, pp.469 – 480 (2006).
7. Marie Coutand, Martin Cyr, Eric Deydier, Richard Guilet, Pierre Clastres, "Characteristics of industrial and laboratory meat and bone meal ashes and their potential applications" Journal of Hazardous Materials, Vol. 150, pp. 522–532 (2008).
8. Zagorodnuk L.H. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials / Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. // World Applied Sciences Journal 24 (11): 1496-1502, 2013, ISSN 1818-4952 IDOSI Publications, 2013, DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.24.11. 7015.
9. Лесовик В.С. Закон сродства структур в материаловедении / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. 2014. - № 3. - Ч. 2. С.267-271.
10. Лесовик В.С. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк Л.Х., Д.А. Беликов, А.Ю. Щеткина, А.А. Куприна // Строительные материалы. - 2014. - №7. - С. 82-85.
11. Загороднюк Л.Х. Композиционные вяжущие на основе органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, А.В. Шамшуrow, Д.А. Беликов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2014. - № 5. - С.25-31.
12. Загороднюк Л.Х. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Д.А. Беликов // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. - 2014. - С. 112-119.

13. Загороднюк Л.Х. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей / Л.Х. Загороднюк, В.С. Лесовик, Р. Гайнутдинов // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. -2014. – С. 93-98.

14. Lesovik V.S. Structure-formation of contact layers of composite materials / V.S. Lesovik, L.H Zagorodnuk, M.M. Tolmacheva, A.A. Smolikov, A.Y. Shekina, M.H.I. Shakarna // Life Science Journal, 2014, 11(12s):948-953.

15. Kuprina A.A. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Trig-gered Origin/ A. A. Kuprina, V. S. Lesovik, L. H. Zagorodnyk, M. Y. Elistratkin // Research Journal of Applied Sciences, 2014, 9: 816-819.

ВЛИЯНИЕ ВИДА СТАБИЛИЗАТОРА НА СВОЙСТВА ПРОТЕИНОВЫХ ПЕН

Нелюбова В.В., Нецвет Д.Д., Винакова А.Ю., Сивальнева М.Н.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ)

В статье рассматривается возможность повышения стойкости пены, полученной на основе протеинового пенообразователя, введением минеральных компонентов – наноструктурированного модификатора (НМ) силикатного состава и ангидрита. Обоснована эффективность комплексной стабилизации пенной системы минеральными добавками, что обеспечивает увеличение ее стойкости не изменяя начальную кратность.

The article discusses the possibility of increasing the resistance of the foam obtained on the basis of a protein foaming agent by the introduction of mineral components — a nanostructured modifier (NM) of silicate composition and anhydrite. The effectiveness of the complex stabilization of the foam system with mineral additives is substantiated, which ensures an increase in its stability without changing its initial expansion ratio.

В технологии пенобетона свойства конечного продукта зависят от большого числа факторов: прочность базовой матрицы, параметры порового пространства, концентрационные параметры смеси и т.д. Многолетним опытом получения таких бетонов обоснована большая эффективность протеиновых пенообразователей ввиду их высокой кратности и стойкости во времени. При этом считается, что в отличие от синтетических пен, стабилизация протеиновых поризаторов дополнительными добавками не целесообразна.

Ранее выполненными работами была доказана возможность получения пенобетонов неавтоклавного твердения на основе негидратационного наноструктурированного вяжущего (НВ) [1–3], которое также может быть использовано в качестве модифицирующего компонента при получении ячеистых бетонов различного типа твердения [4–6].

В этой связи целью настоящего исследования является изучение эффективности стабилизации пенной системы, полученной на основе протеинового пенообразователя, различными минеральными добавками. В качестве основного модифицируемого компонента использовался протеиновый пенообразователь

«Эталон» производства ООО «Аист». Для исследований использовали 7 % концентрацию пеноагента в воде. Сравнение производили с исходной (чистой) пеной. В качестве эталона использовался мел как наиболее широко применяемый стабилизирующий компонент. В качестве варьируемых компонентов использовали ангидрит и НВ ввиду дальнейшего их применения при получении композиционного вяжущего для ячеистых бетонов неавтоклавного твердения. Концентрацию НВ и ангидрита в пенных системах выбирали исходя из литературных и предварительно полученных экспериментальных данных по их влиянию на цементное вяжущее. Концентрация мела соответствовала содержанию твердой части НВ и ангидрита соответственно.

Все образцы получали путем активации в лабораторном пеногенераторе раствора пенообразователя. В случае минеральных компонентов первоначально происходило их распределение в водном растворе путем перемешивания, после чего осуществляли процесс пеногенерации.

В данном исследовании на основании изменения объема пены во времени были определены стойкость пены по синерезису $K_C^П$ и объему $K_V^П$.

$$K_C^П = 1 - \frac{M_C}{\rho_P} \quad (1)$$

$$K_V^П = 1 - \frac{V_H - V_\tau}{V_H} \quad (2)$$

где M_C – масса синерезиса 1 л пены (количество выделившейся воды), г;

ρ_P – плотность пены, г/л;

V_τ – изменяемый во времени объем пены, л;

V_H – изменяемый во времени объем пены, л.

Физический смысл синерезиса состоит в истечении воды из пленок пены. При получении пены в систему вводится заведомо большее количество воды. Начиная с момента получения пены, в ней начинают происходить процессы разрушения – вода из пленок пены стекает в каналы Плато Гиббса и далее в нижние слои под действием гравитации. В результате размер пузырьков пены увеличивается, структура пены нарушается.

Согласно полученным данным, вводимые минеральные компоненты осуществляют функцию стабилизаторов (рисунок 1). Введение мела в малых количествах, соответствующих ангидриту, обеспечивает незначительный прирост стойкости при практически равном времени жизни пенной системы. При этом увеличение его доли в системе обеспечивает высокие показатели по стойкости во времени, практически идентичные НВ. Введение НВ обеспечивает увеличение времени стойкости пены почти в 2 раза. Стоит отметить, что комплексное модифицирование пены НВ с ангидритом обеспечивает максимальные показатели по стабилизации системы: время существования пенной структуры увеличено почти в 2,5 раза. При этом минимальное значение коэффициента стойкости превышает аналогичный показатель для чистой бездобавочной пены.

Анализ кинетики изменения объема пены подтверждает данные по синерезису (рисунок 2). Стоит отметить, что пена изначально имеет высокой коэф-

коэффициент стойкости $K_v^n = 0,937$. Введение минеральных добавок позволяет сохранить значение коэффициента стойкости по объему на уровне выше 0,93 даже в длительный период.

Анализ кратности пены в зависимости от вида модификатора показывает незначительное падение данного показателя при использовании высокодисперсных мела и комплекса НВ с ангидритом (рисунок 3).

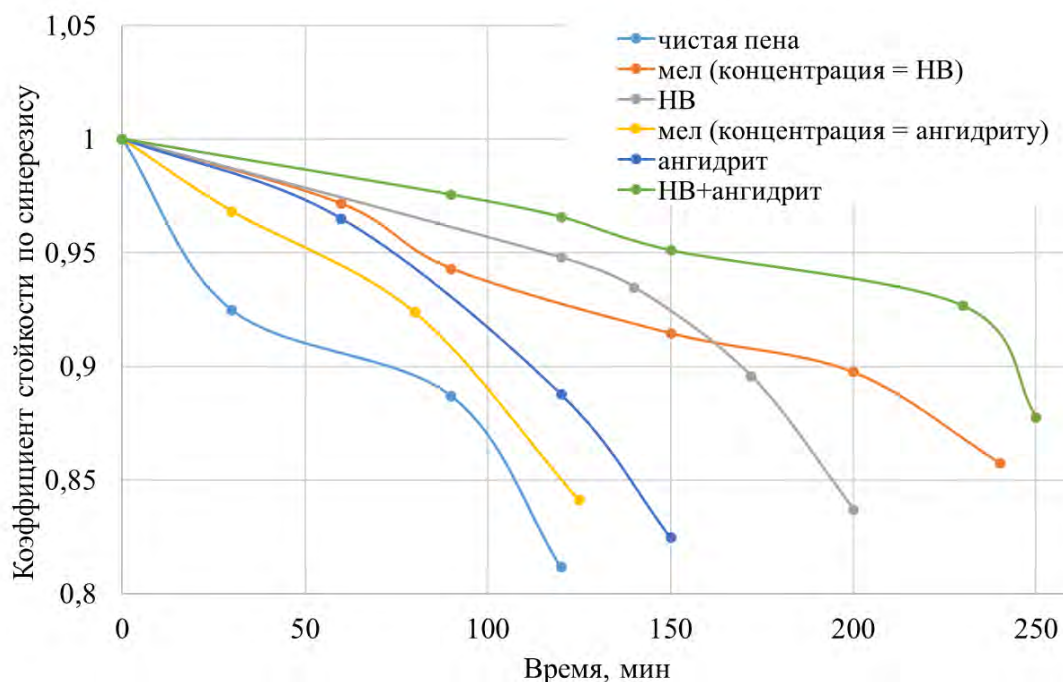


Рисунок 1 – Коэффициент стойкости пены по синерезису

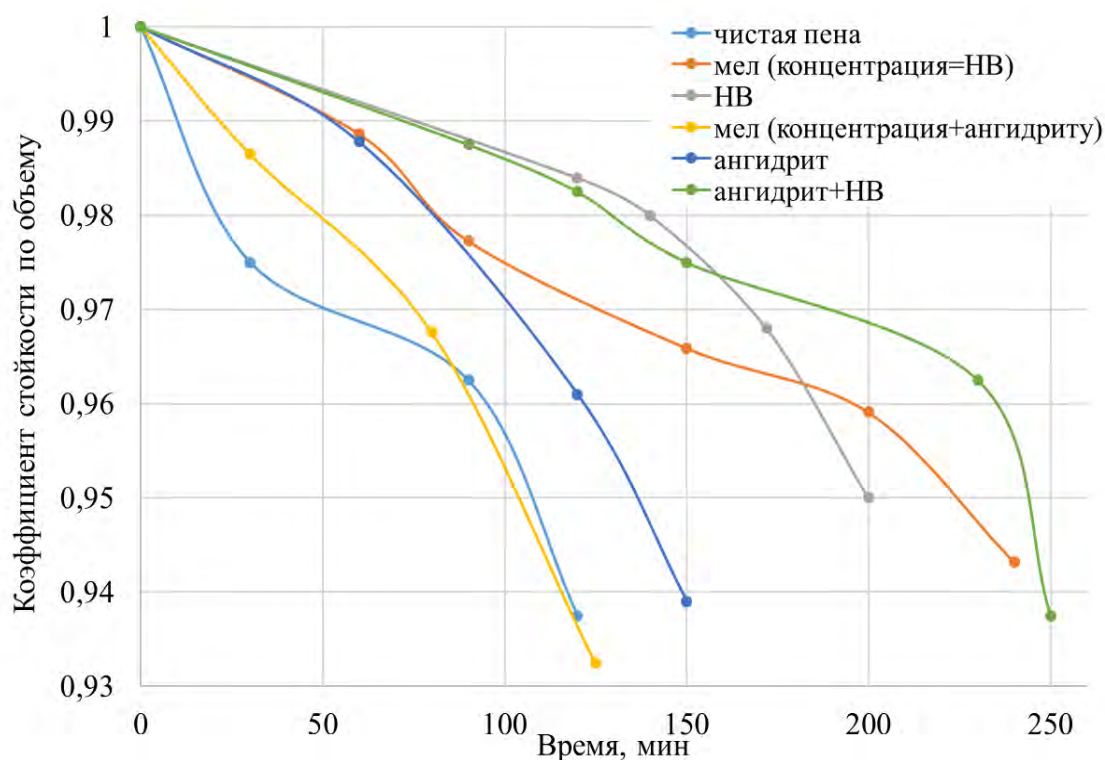


Рисунок 2 – Коэффициент стойкости пены по объему

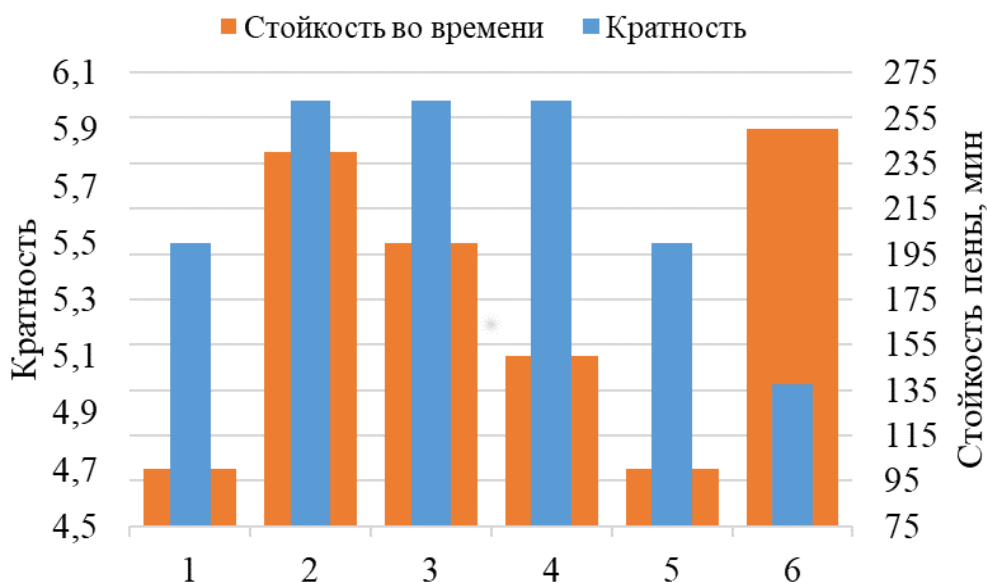


Рисунок 3 – Кратность и стойкость пены в зависимости от вида добавки:
 1 – без добавок; 2 – мел с концентрацией равной HB; 3 – HB; 4 – ангидрит;
 5 – мел в концентрации равной ангидриту; 6 – ангидрит и HB.

Вероятным объяснением данного факта является то, что при использовании этих материалов в системе формируются «стесненные» условия для образования пузырька ввиду недостаточного количества жидкой дисперсионной среды, необходимой на формирование сольватных прослоек между частицами твердой дисперсной фазы (мела, ангидрита или частиц кварца в случае HB). В результате происходит объемное загущение и наполнение системы. Это приводит к снижению эффективности поризации поверхностно-активного вещества при пеногенерации. Тем не менее, не критичное понижение кратности пены нивелируется увеличением ее стойкости во времени в 2,5 раза.

Таким образом, в работе показана эффективность использования минеральных наполнителей для длительной стабилизации пены во времени. При этом применение комплекса «HB – ангидрит» обеспечивает рост жизни пенной системы почти в 2,5 раза, что обеспечивается формированием плотной упаковки частиц в каналах Плато-Гиббса ввиду полидисперсности обозначенного комплекса. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение структурных параметров пены с минеральными стабилизаторами для подтверждения выдвинутых в настоящей работе предположений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для молодых кандидатов МК-5980.2018.8.

Список литературы

- 1) Строкова В.В., Павленко Н.В., Капуста М.Н. Принципы получения ячеистых фибробетонов с применением наноструктурированного вяжущего // Academia. Архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 114-117.

2) Капуста М.Н., Нецвет Д.Д., Дягель И.А., Любимов Д.Н. Повышение эффективности поризованных композитов на основе наноструктурированного вяжущего // Технологии бетонов. 2013. № 3 (80). С. 32-33.

3) Строкова В.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В. Комплексная система мониторинга и управления процессов получения наноструктурированного вяжущего // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 54-56.

4) Нелюбова В.В., Буряченко В.А., Череватова А.В. Автоклавный газобетон с использованием наноструктурированным модификатора // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 95-96.

5) Сумин А.В., Строкова В.В., Нелюбова В.В., Еременко С.А. Пеногазобетон с наноструктурированным модификатором // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 70-75.

6) Попов А.Л., Нелюбова В.В., Нецвет Д.Д. Влияние природы пенообразователей на физико-технические свойства пен // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 3. С. 5-12.

САМООЧИЩАЮЩИЙСЯ КОМПОЗИЦИОННЫЙ СОСТАВ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Постникова О.А., Лукутцова Н.П., Ефремочкин Р.А., Пехенько Д.А.,
Свирида А.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Исследована способность к самоочищению разработанного композиционного состава на основе диоксида титана анатазной модификации.

Одной из острых проблем в современном мире является проблема загрязнения городов и мегаполисов из-за неудовлетворительной экологической обстановки.

В основном, загрязнения происходят из-за выбросов производства, увеличения количества автомобильного транспорта, а также из-за атмосферных осадков.

С позиции строительного материаловедения, серьезной проблемой является нанесение вандалами на стены зданий и сооружений граффити.

Эффективным решением вопроса по обеспечению экологической безопасности фасадов зданий и памятников архитектуры является оперативное удаление с поверхности материала загрязняющих веществ или резкое замедление скорости их образования, вплоть до полного исключения возможности формирования продуктов адсорбции.

Использование нанокomпонентов в составе отделочных композитов открывает большие перспективы не только улучшения свойств самих материалов [1-11], но и обеспечения их экологической безопасности [12-14].

Выполненные ранее исследования в этом направлении показали перспективность таких разработок [15-21].

Для решения проблемы загрязненности, а также для сокращения затрат на ремонт, реставрацию и очистку фасадов зданий и сооружений актуально и целесообразно разработка самоочищающихся композитных составов (СКС) для ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Целью данной работы является исследование способности к самоочищению композиционного состава на поверхности отделочного строительного раствора за счет использования модифицированного диоксида титана.

Для получения СКС использовался порошок диоксида титана анатазной модификации марки ДНА-100, физико-технические характеристики которого представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Технические характеристики диоксида титана анатазной модификации

Наименование показателя, единица измерения	Значение
Содержание TiO_2 , %	93
Влажность, %	0,5
Удельное сопротивление, Ом·см	10000
Остатки фильтровки, %	0,05
рН водного раствора	7,5
Впитываемость масла, г/100·г	24,0

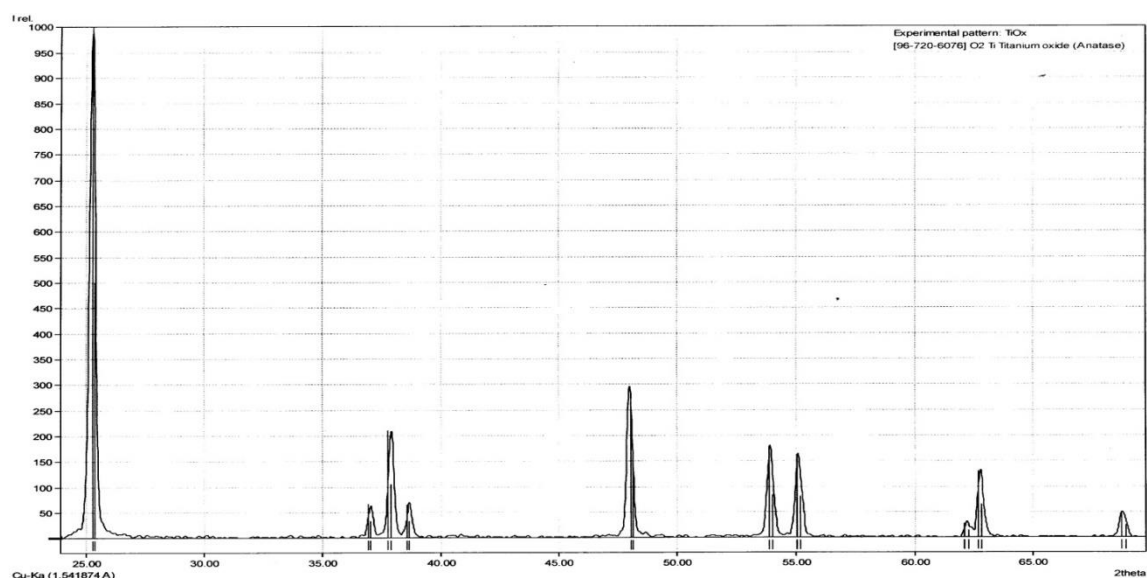


Рисунок 1 – Рентгенофазовый анализ анатазного диоксида титана

В качестве модифицирующего компонента СКС применялся порошкообразный пластификатор С-3 (поверхностно-активное вещество на основе натриевых солей продуктов конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида) в соответствии с ТУ 5745–001–97474489–2007.

Самоочищающийся композиционный состав на основе диоксида титана получали ультразвуковым диспергированием в течение 8 минут в водной среде С-3, концентрации TiO_2 3 г/литр с помощью импульсного активатора ПСБ-4035-04 при частоте ультразвука 35 кГц и температуре воды $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Определение способности к самоочищению СКС проводилось по методике фотокаталитического разложения органического красителя – родамина Б (Rhodamine B, $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$). Самоочищающийся композиционный состав на основе анатазного диоксида титана наносили на стеклянные подложки в 1, 2, 3 и 4 слоя и дожидались полного высыхания каждого слоя. Количество добавки для одного слоя составляет 1 мл. Изменения интенсивности окраски на инертной подложке определяли методом сравнения оптических плотностей эталонного и исследуемого растворов. Эталонный раствор готовили с концентрацией красящего вещества равной 1 г/л.

В качестве искусственного источника УФ-излучения применялась УФ-лампа ДРТ-125 с максимальной длиной волны 400 нм. Оптическую плотность определяли при длине волны (установленной экспериментально) равной 585,5 нм для родамина Б. Стеклянные пластины промывали 100 мл дистиллированной воды до полного вымывания красителя. Полученные смывы заливали в предварительно подготовленные кюветы и измеряли оптическую плотность на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ (таблица 2).

Таблица 2 – Значение оптической плотности красителя родамина Б

Показатель	Концентрация эталонного раствора, %	Значение оптической плотности, отн. ед.			
		Родамин Б			
		1 слой НД	2 слоя НД	3 слоя НД	4 слоя НД
Эталонный раствор	1	0,571	0,792	1,030	1,220
Раствор после УФ облучения	1	0,345	0,765	0,790	1,087

Установлено, что под действием УФ излучения происходит деструкция красящего пигмента родамина Б, причем наиболее интенсивно при нанесении трех слоев самоочищающегося композиционного состава.

Полученные значения оптической плотности согласуются с результатами, полученными при визуальном осмотре образцов строительного раствора, покрытых СКС после воздействия УФ облучения в течение 5 часов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Вид поверхности строительного раствора до УФ облучения (а) и после УФ облучения (б).

С помощью электронного микроскопа Versa 3D DualBeam была исследована микроструктура поверхности строительного раствора с самоочищающимся композиционным составом на основе анатазного диоксида титана до и после облучения УФ светом (рисунок 3). На снимках отчетливо видны следы нахождения частиц пигмента в виде «кратеров», которые образовались за счет деструкции связующего и выкрашивания частиц пигмента красителя с поверхности строительного раствора.

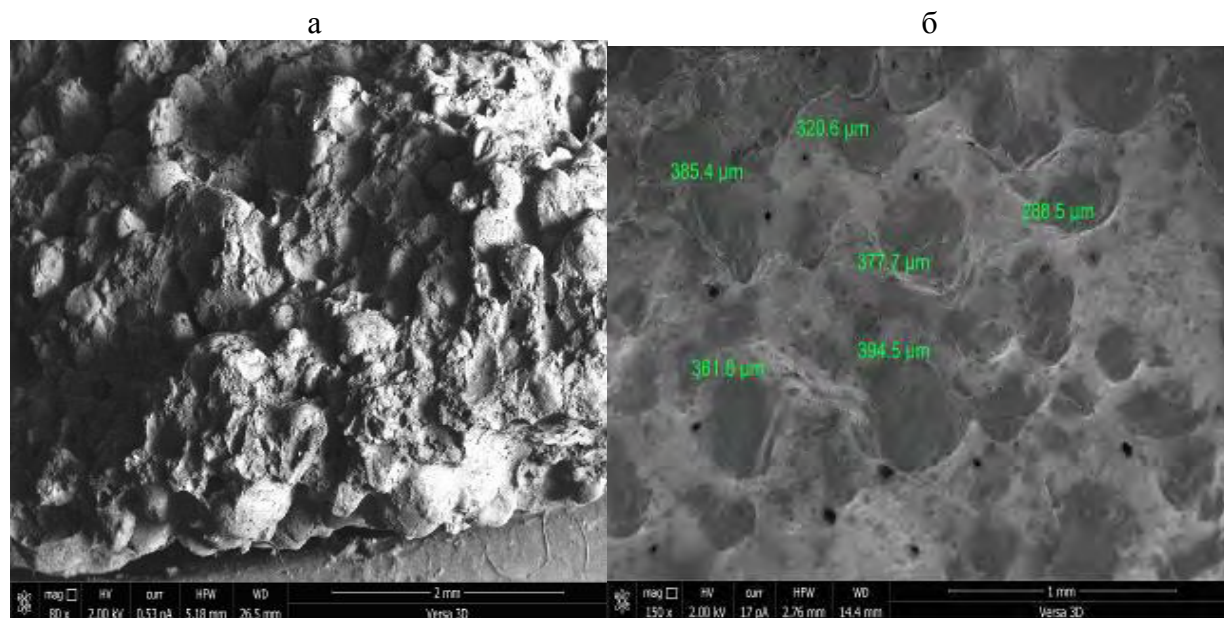


Рисунок 3 – Микроструктура поверхности строительного раствора с самоочищающимся композиционным составом на основе анатазного диоксида титана до (а) и после облучения УФ светом (б)

Заключение

Выполнено исследование способности к самоочищению разработанного композиционного состава на основе диоксида титана анатазной модификации. Установлено изменение интенсивности окраски цветowego покрытия на поверхности образцов двумя способами, что подтверждает эффективность разработанного материала.

Список литературы

1. Баженов Ю.М., Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Исследования влияния наномодифицирующей добавки на прочностные и структурные параметры мелкозернистого бетона //Вестник МГСУ. 2010. № 2. С. 215-218.
2. Lukutsova N., Ustinov A. Additive based on biosiliphycated nanotubes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40451-40453.
3. Лукутцова Н.П., Головин С.Н. Агрегативная устойчивость водных суспензий галлаузитовых нанотрубок //Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 4-10.

4. Лукутцова Н.П., Головин С.Н. Некоторые аспекты получения наномодифицированных композиционных строительных материалов и перспективы их развития // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства. Междун. научно-практ. конф., посв.70-летию проф. В.С. Лесовика. 2016. С. 195-201.
5. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А. Устойчивость нанодисперсных добавок на основе метакаолина //Стекло и керамика. 2014. № 11. С. 7-11.
6. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Ширко С.В., Мацаенко А.А. Техноко-экологическое обоснование получения наномодификатора для бетона //Строительство и реконструкция. 2012. № 3. С. 42-47.
7. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г., Фокин Д.Е. Исследование мелкозернистого бетона, модифицированного наноструктурной добавкой //Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 6-11.
8. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Роль микро и нанодисперсных добавок в структурообразовании мелкозернистого бетона // Технологии бетонов. 2013. № 10 (87). С. 4041.
9. Хомякова Е.Н., Пашаян А.А., Лукутцова Н.П. Исследования свойств цементного камня, наномодифицированного добавками на основе солей железа. //Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5. С. 111-113.
10. Лукутцова Н.П., Пашаян А.А., Хомякова Е.Н. Исследование влияния добавок на основе травильных растворов, содержащих соли железа, на структуру и прочность мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ. 2016. № 1. С. 94-104.
11. Хомякова Е.Н., Пашаян А.А., Лукутцова Н.П. Использование травильных растворов сталепрокатных заводов в качестве добавки для бетона // Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 729-733.
12. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3. С. 26.
13. Лукутцова Н.П. Комплексная экологическая оценка сырья, строительных материалов и промышленных отходов // Жилищное строительство. 2004. № 7. С. 22-23.
14. Лукутцова, Н.П., Пыкин А.А., Чудакова, О.А. Модифицирование мелкозернистого бетона микро- и наноразмерными частицами шунгита и диоксида титана //Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. -2010.-№2.- С.67-70.
15. Lukuttsova N.P., Lesovik V.S., Postnikova O.A., Gornostaeva E.Y., Vasunina S.V., Suglobov A.V. Nano-disperse additive based on titanium dioxide //International Journal of Applied Engineering Research. 2014. T.9. № 22. С. 16803-16811.
16. Постникова О.А., Лукутцова Н.П., Карпиков Е.Г., Петров Р.О. Исследование влияния нанодисперсной добавки на основе диоксида титана на структурные характеристики декоративных бетонов //Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 56-59

17. Перспективы производства и применения самоочищающихся строительных материалов в России / Строкова В.В. [и др.] // Сборник Юбилейной международной научно-практической конференции, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова 9-10 октября, г. Белгород, 2014 г.

18. Лукутцова Н.П., Анисимов П.В. Физические процессы при гидратации цемента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 25-27.

19. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде. /Пыкин А.А. [и др.]// Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.

20. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Белгород, 2011. № 3. С. 21-23.

21. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон //Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84.

ЛЕГКИЙ БЕТОН НА ГИПСОВОМ ВЯЖУЩЕМ, МОДИФИЦИРОВАННОМ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ, И КАВИТАЦИОННО-ОБРАБОТАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛКАХ

Пыкин А.А., Лукаш А.А., Шкловец И.А., Белошова Е.Л.
(БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Исследованы физико-механические свойства легкого конструкционно-теплоизоляционного бетона (опилкогипсобетона) с использованием высокопрочного гипсового вяжущего, модифицированного пищевой микрокристаллической хлопковой целлюлозой, и органических заполнителей растительного происхождения из отходов деревообработки хвойных и лиственных пород в виде кавитационно-обработанных сосновых и березовых опилок. Установлена зависимость прочности опилкогипсобетона от времени кавитационного экстрагирования водорастворимых редуцирующих веществ (сахаров) из древесных опилок. Выполнен анализ изменения микроструктуры гипсовой матрицы, средней плотности, прочности на растяжение при изгибе и сжатие и коэффициента теплопроводности опилкогипсобетона на основе кавитационно-обработанных опилок при введении микрокристаллической целлюлозы. Доказано, что микрокристаллическая целлюлоза приводит к уплотнению пространства между кристаллогидратами двуводного гипса в микроструктуре гипсовой матрицы и позволяет повысить физико-механические свойства опилкогипсобетона.

В современных условиях развития строительного материаловедения повышение свойств различных видов бетона, в том числе легких [1-3], достигается, главным образом, упрочнением структуры вяжущей матрицы (цементной, гипсовой, композитной) экологически безопасными микро- и наномодификаторами

[4-11]: наночастицами шунгита [12], метакеолина [13], диоксида титана [14]; биосилифицированными нанотрубками [15,16]; нанодобавками на основе солей железа [17]; микронаполнителями на основе тонкомолотых кварцевых песков и глин [18,19], другого природного и техногенного сырья.

Среди органических добавок-регуляторов свойств различных строительных материалов, в том числе на основе гипсовых вяжущих, большой научно-практический интерес представляют структурные модификации целлюлозы (линейного природного полимера-полисахарида с общей формулой $(C_6H_{10}O_5)_n$ или $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$), в частности микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) [20, 21].

МКЦ – продукт химической деструкции фибриллярной структуры частиц исходной целлюлозы (чаще всего хлопковой и древесной), который образуется в результате разрушения отдельных элементов целлюлозных волокон (аморфных прослоек), играющих роль связок между фибриллами. Характерной особенностью МКЦ, имеющей высокоразвитую гидрофильную поверхность с большим числом активных гидроксильных групп, является ее способность при взаимодействии с водой набухать, диспергироваться и образовывать относительно устойчивые тиксотропные гидрогели, обладающие водоудерживающими свойствами.

Целью работы является исследование физико-механических свойств легкого бетона с использованием высокопрочного гипсового вяжущего, модифицированного МКЦ, и органических заполнителей растительного происхождения из отходов деревообработки хвойных и лиственных пород.

В качестве исходных сырьевых материалов для получения образцов опилкогипсбетона (ОГБ) применялись: высокопрочный формовочный гипс марки Г-16 (ЗАО «Самарский гипсовый комбинат», Самара, Россия); сосновые и березовые опилки фракции 2,5-5 мм; пищевая хлопковая МКЦ в виде сухого белого сыпучего порошкообразного вещества, состоящего из частиц в виде агрегатов и агломератов игольчатых микрокристаллитов целлюлозы (рисунок 1).

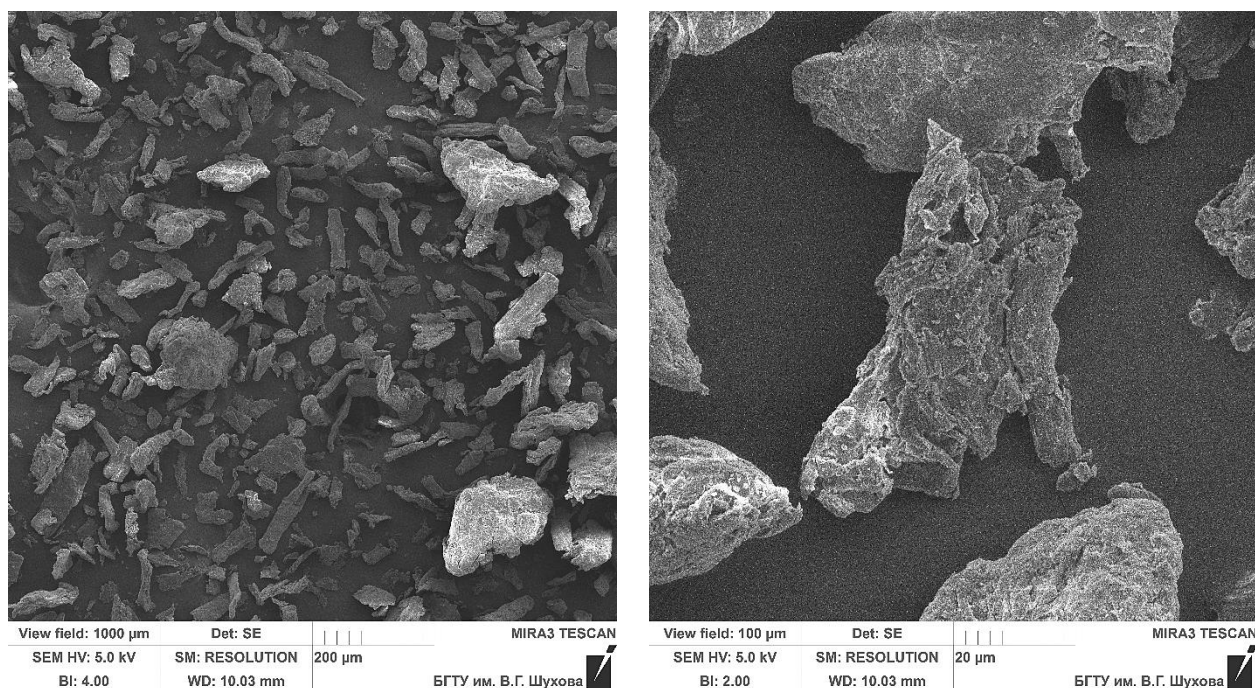


Рисунок 1 – Микроструктура частиц МКЦ

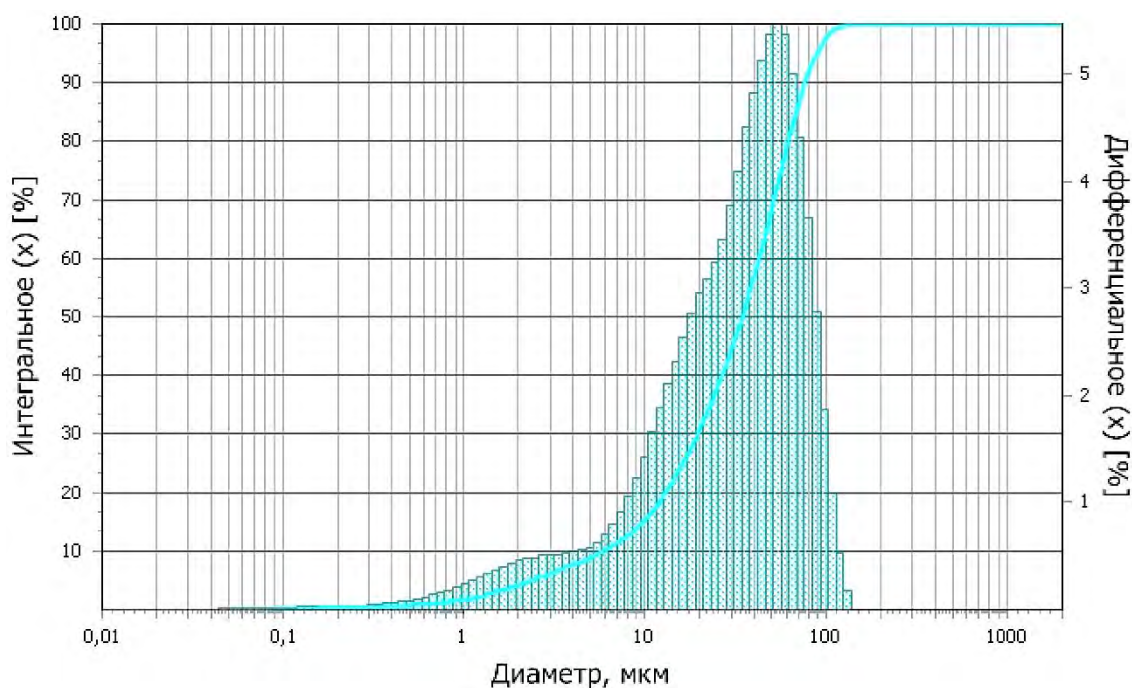


Рисунок 2 – Гистограмма распределения частиц МКЦ по размерам

Методом лазерной гранулометрии с помощью анализатора Analysette 22 NanoТесplus установлено, что средний диаметр частиц МКЦ составляет 54 мкм, полидисперсность – 2 %. Доля частиц, попадающих в нанодиапазон (от 0,01 до 0,1 мкм), составляет 0,05 %; в ультрадиапазон (от 0,1 до 1 мкм) – 1,13 %; в микродиапазон (от 1 до 10 мкм) – 14,23 %; в макродиапазон (от 10 до 100 мкм) – 83,96 % (рисунок 2).

Исследование физико-механических свойств ОГБ проводилось на образцах-балочках размерами 4×4×16 см, изготовленных уплотнением опилкогипсобе-тонных смесей в трехгнездовых формах на стандартной лабораторной вибро-площадке.

Приготовление смесей осуществлялось в следующей последовательности: кавитационная обработка опилок в воде с помощью импульсного активатора ПСБ-4035-04 при частоте ультразвука 35 кГц и температуре воды $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$; получение гипсового теста смешиванием воды, МКЦ и гипса; введение в тесто подготовленных опилок при опилкогипсовом отношении 0,16. Содержание МКЦ варьировалось от 2×10^{-4} до 18×10^{-4} % от массы гипса.

Предварительная кавитационная обработка опилок производилась с целью экстрагирования из них водорастворимых редуцирующих веществ (сахаров). При введении данных веществ в минеральные вяжущие совместно с водой, в результате адсорбции и под влиянием межмолекулярных сил сцепления, они ориентируются вокруг зерен вяжущего, образуя адсорбционный слой. Частицы вяжущего, покрытые такой защитной оболочкой, теряют способность сцепляться друг с другом под влиянием межмолекулярных сил. При этом образованная оболочка затрудняет доступ воды к зернам вяжущего, что приводит к торможению гидролиза и гидратации вяжущего [22].

Испытания образцов ОГБ проводились через 2 часа твердения в воздушно-сухих условиях и последующего высушивания до постоянной массы при температуре 45-55 °С. Средняя плотность, прочность на растяжение при изгибе и сжатие образцов ОГБ определялись по стандартным методикам, коэффициент теплопроводности – с помощью прибора ИТП-МГ4 «Зонд».

Анализ микроструктуры образцов ОГБ осуществлялся методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на микроскопе MIRA3 TESCAN.

Результаты исследований показали, что ультразвуковая кавитация опилок приводит к повышению прочности на сжатие ($R_{сж}$) ОГБ (рисунок 3).

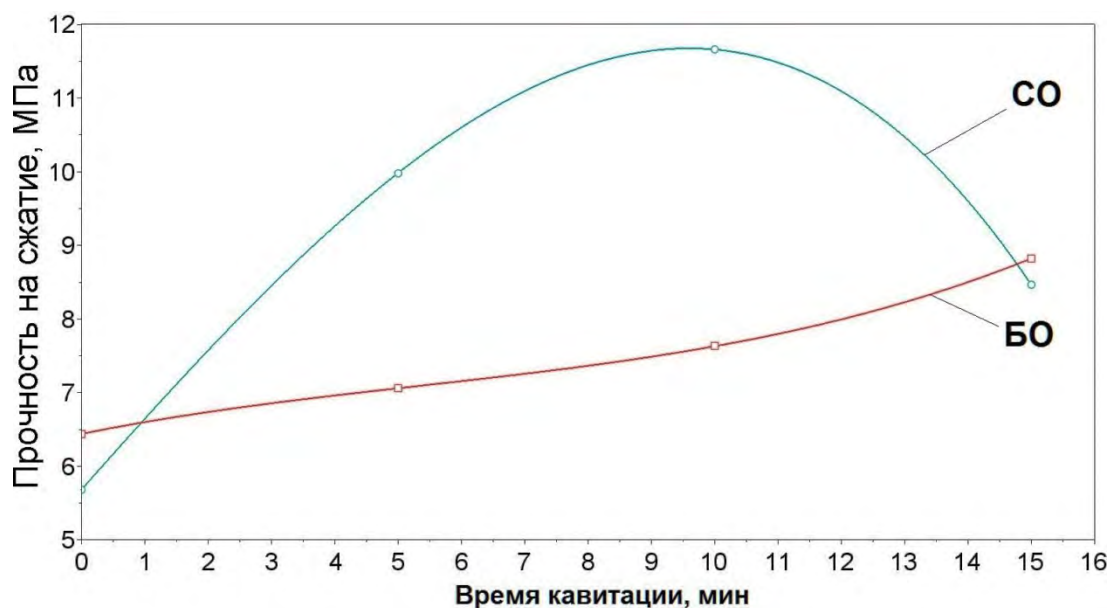


Рисунок 3 – Зависимость прочности на сжатие опилкогипсобетона от времени ультразвуковой кавитации опилок

Значение $R_{сж}$ образцов ОГБ на березовых опилках после обработки ультразвуком в течение 5 минут возрастает от 6,4 до 7,1 МПа (на 11 %), а на сосновых опилках – от 5,7 до 9,9 МПа (на 74 %).

Последующее воздействие ультразвуком на березовые опилки от 5 до 15 мин способствует плавному повышению прочности на сжатие образцов ОГБ от 7,1 до 8,8 МПа (на 24 %). В то же время, значение $R_{сж}$ образцов ОГБ на сосновых опилках изменяется экстремально: возрастает от 9,9 до 11,7 МПа (на 18 %), а затем снижается до 8,5 МПа (на 27 %).

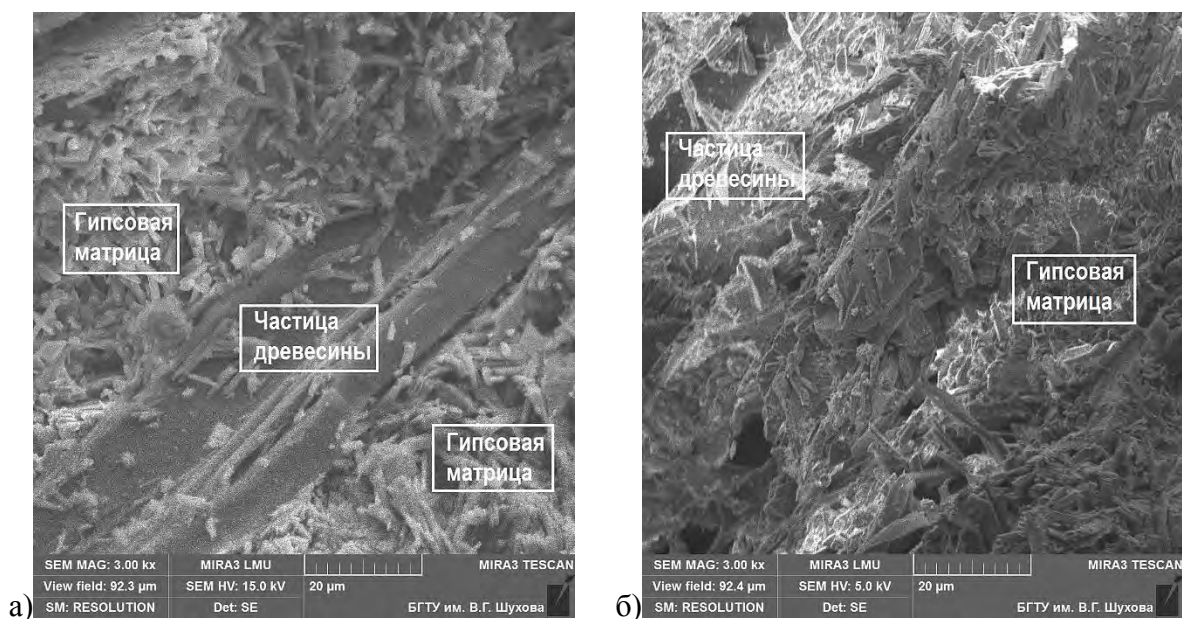
Анализ физико-механических свойств опилкогипсобетона на основе кавитационно-обработанных опилок с использованием микрокристаллической целлюлозы показал экстремальное изменение свойств ОГБ с максимумами при содержании МКЦ в количестве 11×10^{-4} % от массы гипса (таблица 1).

Прочность на изгиб ($R_{изг.}$) образцов ОГБ на березовых опилках возрастает на 33 %, прочность на сжатие – на 20 % при увеличении средней плотности (ρ_0) на 3 %, а коэффициента теплопроводности (λ) на 5 %.

При этом значения $R_{изг.}$, $R_{сж.}$, ρ_0 и λ образцов ОГБ на сосновых опилках возрастают на 46 %, 30 %, 10 % и 13 % соответственно.

Таблица 1 – Физико-механические свойства опилкогипсобетона

Состав ОГБ			Показатели свойств			
опилкогипсовое отношение	водогипсовое отношение	МКЦ, % от массы гипса	средняя плотность, кг/м³	коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)	прочность на изгиб, МПа	прочность на сжатие, МПа
ОГБ с березовыми опилками после кавитационной обработки в течение 15 мин						
0,16	0,37	-	1261	0,376	4,3	8,8
		2×10 ⁻⁴	1276	0,384	4,9	9,7
		6×10 ⁻⁴	1294	0,391	5,5	10,4
		11×10 ⁻⁴	1295	0,393	5,7	10,6
		16×10 ⁻⁴	1281	0,386	5,5	10,1
		18×10 ⁻⁴	1275	0,383	4,7	9,9
ОГБ с сосновыми опилками после кавитационной обработки в течение 10 мин						
0,16	0,37	-	1119	0,326	3,5	11,7
		2×10 ⁻⁴	1189	0,352	4,2	13,6
		6×10 ⁻⁴	1203	0,357	4,5	13,8
		11×10 ⁻⁴	1232	0,368	5,1	15,2
		16×10 ⁻⁴	1207	0,359	4,7	14,4
		18×10 ⁻⁴	1204	0,358	4,5	14,1

Рисунок 4 – Микроструктура опилкогипсобетона ($\times 3000$ раз): а – контрольный образец; б – образец с кавитационно-обработанными опилками и МКЦ

Повышение свойств опилкогипсобетона достигается снижением водорастворимых редуцирующих сахаров в древесных опилках в результате кавитационного экстрагирования, а также изменением микроструктуры при введении МКЦ. По данным ранее выполненных исследований [23] установлено, что микроструктура гипсовой матрицы без МКЦ характеризуется удлиненными пластинчатыми кристаллами дигидрата сульфата кальция с точечными слабыми

связями и межконтактными полостями, в которые может проникать вода, ослабляя связи и приводя к значительному снижению прочности и водостойкости гипсового камня. В то же время, МКЦ способствует уплотнению пространства между кристаллогидратами двуводного гипса, что приводит к улучшению свойств опилкогипсобетона.

Кроме того, кавитационная обработка опилок приводит к улучшению сцепления древесного заполнителя с гипсовой матрицей в микроструктуре опилкогипсобетона, что подтверждается результатами растровой электронной микроскопии (рисунок 4).

Заключение

1. Исследованы физико-механические свойства легкого конструкционно-теплоизоляционного бетона с использованием высокопрочного гипсового вяжущего, модифицированного пищевой микрокристаллической хлопковой целлюлозой, и органических заполнителей растительного происхождения из отходов деревообработки хвойных и лиственных пород в виде кавитационно-обработанных сосновых и березовых опилок.

2. Установлена зависимость прочности опилкогипсобетона от ультразвуковой кавитации древесных опилок. Кавитационная обработка сосновых опилок приводит к повышению прочности на сжатие опилкобетона в среднем в 2,1 раза, а березовых опилок – в 1,4 раза. Полученный результат, скорее всего, достигается улучшением сцепления древесного заполнителя с гипсовой матрицей в микроструктуре опилкогипсобетона вследствие кавитационного экстрагирования из опилок редуцирующих сахаров.

3. Выявлен характер влияния пищевой микрокристаллической хлопковой целлюлозы на изменение физико-механических свойств опилкогипсобетона с использованием кавитационно-обработанных опилок и определена ее оптимальная дозировка (11×10^{-4} % от массы гипсового вяжущего).

4. Экспериментально подтверждено, что микрокристаллическая целлюлоза приводит к уплотнению пространства между кристаллогидратами двуводного гипса в микроструктуре гипсовой матрицы и позволяет повысить прочность на изгиб опилкогипсобетона на 33-46 %, прочность на сжатие на 20-30 % при увеличении средней плотности на 3-10 %, коэффициента теплопроводности на 5-13 % в зависимости от вида древесных опилок.

Список литературы

1. Energy efficient technologies of production and use non-autoclaved aerated concrete / L.A. Suleymanova, V.S. Lesovik, K.R. Kondrashev, K.A. Suleymanov et al. // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. N 5. P.12399-12406.
2. The topology of the dispersed phase in gas concrete / L.A. Suleymanova, K.A. Kara, K.A. Suleymanov, A.V. Pyrvu et al. // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. N 10. P.1492-1498.

3. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
4. Nano-additives for composite building materials and their environmental safety / N. Lukuttsova, A. Pykin, Y. Kleymenicheva, A. Suglobov et al. // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. N 11. P.7561-7565.
5. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде. Пыкин А.А. [и др.]// Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.
6. Мелкозернистый бетон, модифицированный комплексной микродисперсной добавкой Баженов Ю.М. [и др.]// Вестник МГСУ. 2013. № 2. С. 94-100.
7. Изучение свойств мелкозернистого бетона, модифицированного нанодисперсной добавкой серпентинита. Пустовгар А.П. [и др.]// Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 155-162.
8. Повышение эффективности мелкозернистого бетона комплексной микродисперсной добавкой / Гегерь В.Я. и [и др.]// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 15-18.
9. Evelson L., Lukuttsova N. Application of statistical and multi-fractal models for parameter optimization of nanomodified concrete // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. N 5. P. 12363-12370.
10. Evelson L., Lukuttsova N. Some practical aspects of fractal simulation of structure of nano-modified concrete // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. N 19. P. 40454-40456.
11. Lukuttsova N. Water films (nanofilms) in cement concrete deformations // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. N 15. P. 35120-35124.
12. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Карпиков Е.Г. Особенности структурообразования цементного камня с углерод-кремнеземистой нанодисперсной добавкой // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 66-67.
13. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А. Устойчивость нанодисперсных добавок на основе метакаолина // Стекло и керамика. 2014. № 11. С. 7-11.
14. Nano-disperse additive based on titanium dioxide / N.P. Lukuttsova, V.S. Lesovik, O.A. Postnikova, E.Y. Gornostaeva et al. // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. N 22. P. 16803-16811.
15. Lukuttsova N., Ustinov A. Additive based on biosiliphycated nanotubes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. N 19. P. 40451-40453.
16. Lukuttsova N., Ustinov A. Concrete modified by additive based on biosilicated nanotubes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. N 19. P. 40457-40460.
17. The use of additives based on industrial wastes for concrete / N. Lukuttsova, A. Pashayan, E. Khomyakova, L. Suleymanova et al. // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. N 11. P. 7566-7570.

18. High-performance fine concrete modified with nano-dispersion additive / N.P. Lukuttsova, E.G. Karpikov, I.G. Luginina, A.A. Pykin et al. // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. N 22. P. 16725-16731.
19. Sand-clay raw materials for silicate materials production / A.N. Volodchenko, E.O. Prasolova, V.S. Lesovik, A.A. Kuprina et al. // Advances in Environmental Biology. 2014. N 10. P. 949-955.
20. Алешина Л.А., Гуртова В.А., Мелех Н.В. Структура и физико-химические свойства целлюлоз и нанокompозитов на их основе: монография. Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. 240 с.
21. Heinze T. Cellulose: structure and properties // Advances in polymer science. 2015. V. 271. P. 1-52.
22. Lukash A., Lukutsova N., Minko N. Determination of the thermal conductivity of wood insulation materials in conditions of non-stationary heat transfer // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. N 22. P.16691-16700.
23. Свойства и структура строительного гипса с микрокристаллической целлюлозой / А.А. Пыкин [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 55-61.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВИБРАЦИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Симонов С.А. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В работе описана разработанная экспериментальная вибрационная установка, предназначенная для исследования процессов уплотнения бетонных смесей, а также динамики самого вибропривода. Установка позволяет плавно и дискретно изменять параметры вибрации.

В промышленности строительных материалов для укладки бетонных смесей широко применяется вибрационное оборудование [1,2]. Для экспериментального исследования различных технологических и динамических процессов и параметров необходимо иметь вибрационную установку, позволяющую плавно или дискретно изменять параметры в заданных диапазонах.

Существующие вибростенды, виброустановки, виброплощадки, как правило, либо не позволяют изменять параметры вибрации в достаточно широком диапазоне, либо имеют очень высокую стоимость. Поэтому была поставлена задача разработать относительно несложную экспериментальную вибрационную установку, которая позволяла бы изменять частоту и амплитуду вынужденных колебаний, соотношение вынужденной и собственной частот системы, а также силовые характеристики привода (двигателя).

Конструктивная схема такой установки представлена на рисунке 1. Она состоит из плиты-основания 7, которая бетонируется в фундамент; четырех стоек 1, привариваемых к плите 7 (дополнительно для жесткости навинчены гайки 2); плиты 4, установленной между пружинами 3, предварительно сжатыми гайками

2; вибровозбудителя колебаний 6; электродвигателя 8, связанного с вибровозбудителем 6 ременной передачей. На плиту 4 устанавливается и закрепляется испытываемый образец бетонной смеси 5.

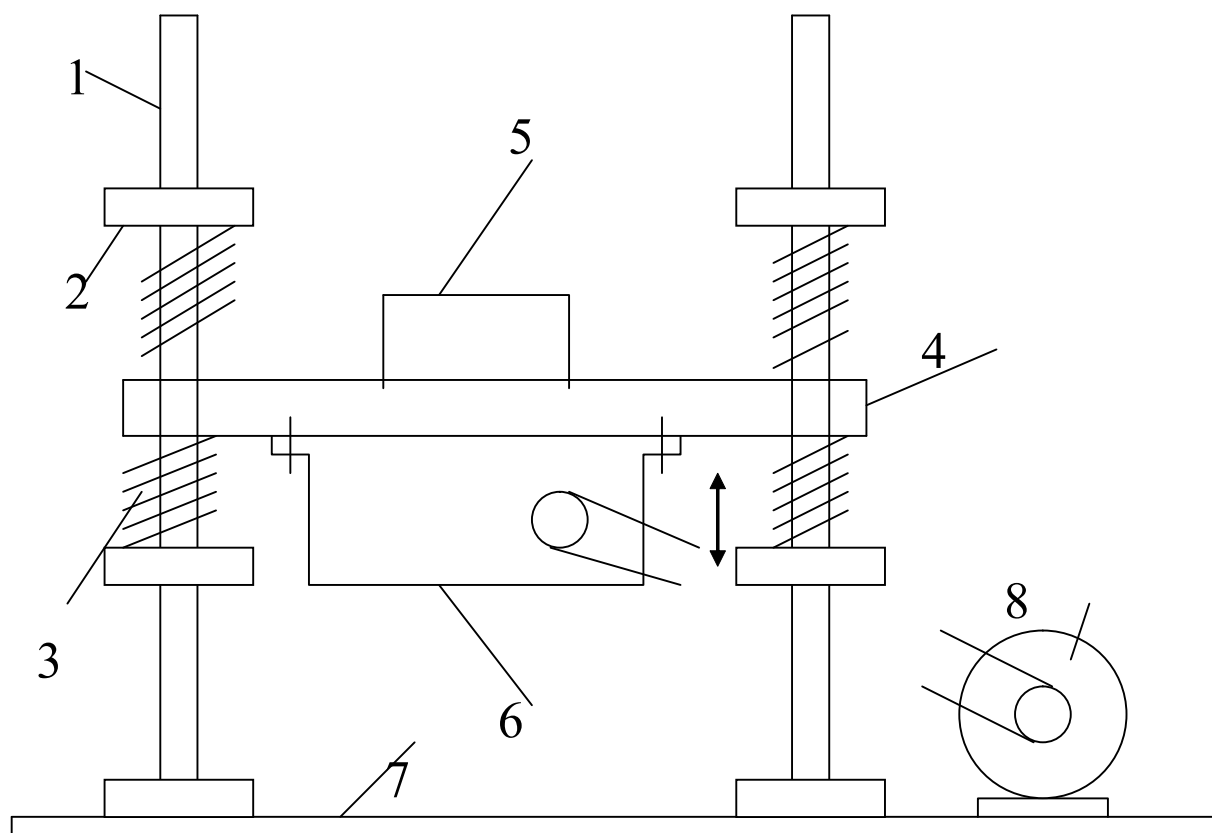


Рисунок 1 – Конструктивная схема установки

Установка снабжена набором пружин различной жесткости, что позволяет дискретно менять собственную частоту колебаний системы. Кроме того, предусмотрена возможность предварительного деформирования пружин за счет поджатия гаек 2. Это необходимо для обеспечения безотрывного движения плиты 4 вместе с пружинами. Набор шкивов позволяет получать фиксированные частоты вращения дебалансов, а, следовательно, и разные рабочие частоты колебаний. Предусмотрена возможность одновременного формования от 2 до 4 стандартных образцов размером $150 \times 150 \times 150$ мм.

Дебалансный вибровозбудитель (рисунок 2) состоит из двух щек, стянутых шпильками. В щеках на подшипниках качения установлены дебалансные валы, на которых крепятся дебалансы и зубчатые колеса. На одном валу закреплен шкив ременной передачи для связи с электродвигателем. Дебалансы выполнены из трех частей, что позволяет обеспечить три фиксированных значения амплитуды вынуждающей силы при фиксированной частоте колебаний. Развиваемая дебалансом центробежная инерционная сила передается на корпус через подшипники.

Предусмотрена возможность использования и испытания в экспериментальной установке бегункового вибровозбудителя в основном с целью сравнения по долговечности с дебалансным.

Конструктивная схема такого вибровозбудителя представлена на рисунке 3. Здесь в корпусе 1 по внутренним цилиндрическим беговым дорожкам перекачиваются бегунки 2, ведомые вилками (поводками) 3 и валом 5. Валы синхронизованы зубчатой передачей, а на одном из валов установлен шкив ременной передачи.

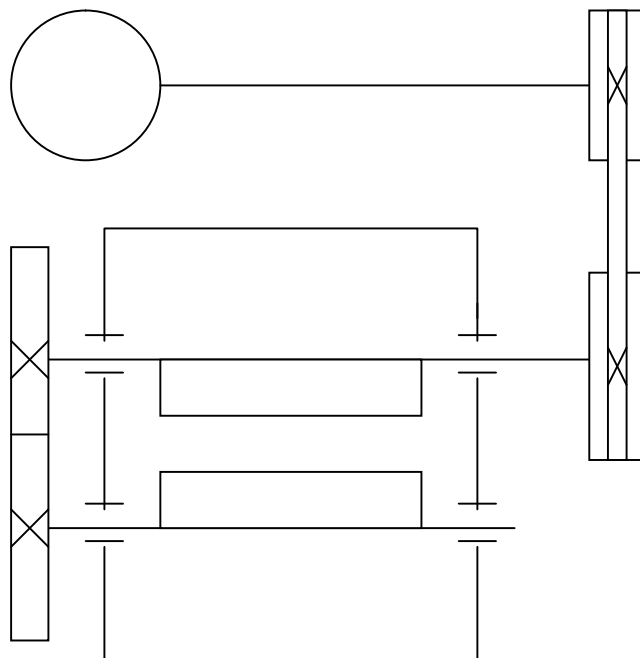


Рисунок 2. Кинематическая схема дебалансного вибропривода

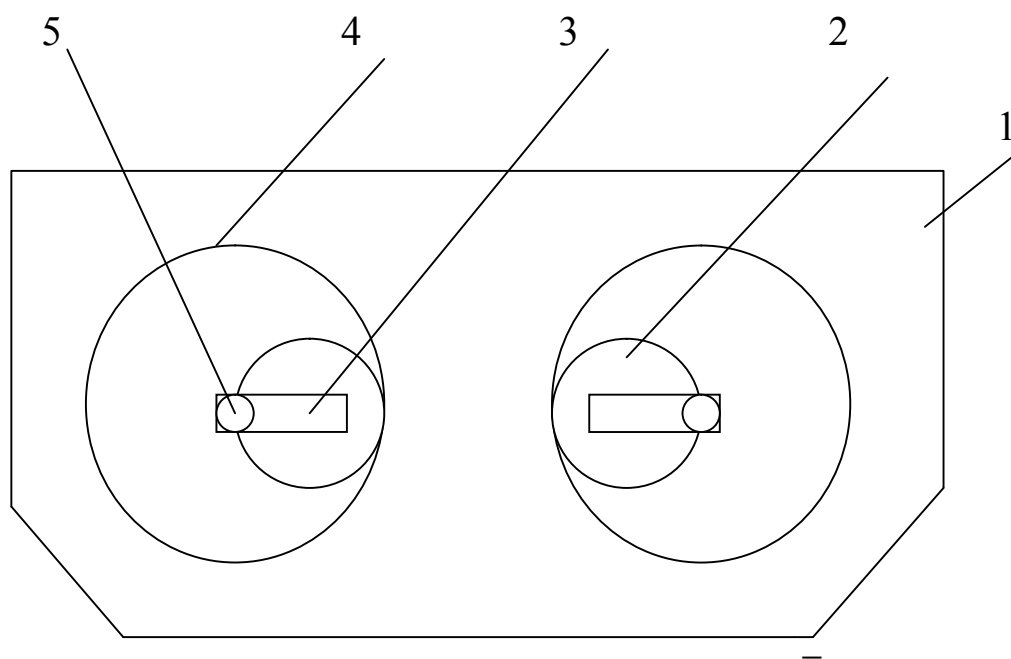


Рисунок 3. Конструктивная схема бегункового вибровозбудителя

Такая конструкция вибровозбудителя исключает самые тяжелонагруженные и малодолговечные узлы дебалансного вибровозбудителя – подшипники качения.

В результате конструкторских расчетов и проектирования получены следующие параметры установки:

- режимы работы: дорезонансный, резонансный, зарезонансный;
- направление вибрации: вертикальная направленная;
- диапазон рабочих частот колебаний: 25-100 Гц;
- диапазон амплитуд колебаний: 0,2-1,5 мм;
- максимальная грузоподъемность (масса обрабатываемой рабочей среды): 100 кг;
- тип привода: асинхронный электродвигатель;
- амплитуда вынуждающей силы: $F_0 = 0 \dots 20000$ Н.

Данная установка позволит исследовать следующие вопросы:

- динамические процессы при запуске и остановке вибропривода;
- динамические процессы установившихся (рабочий режим) колебаний всей системы;
- колебания многофазной среды (бетонной смеси);
- влияние параметров системы на виброзащиту окружающих объектов;
- влияние параметров вибрации на технологию изготовления изделия и его последующее качество;
- проверку различных конструктивных изменений основных узлов и деталей колебательной системы (новые конструкции вибровозбудителей, пружин упругой подвески, демпферов и т.п.), сравнение их с базовыми по различным показателям.

Заключение

1. Проведен анализ конструкций экспериментальных вибрационных установок, позволяющих изменять частоту и амплитуду вынужденных колебаний, соотношение вынужденной и собственной частот системы, а также других силовых характеристики, применяемых в настоящее время для экспериментального исследования процессов уплотнения бетонных смесей.

2. На основе приведенного выше анализа выделено направление в разработке простых по конструкции и относительно недорогих вибрационных установок и используемых в них вибровозбудителей.

3. Разработана конструкция универсальной вибрационной установки, которая позволяет изменять частоту и амплитуду вынужденных колебаний, соотношение вынужденной и собственной частот системы, а также силовые характеристики привода (двигателя).

4. Примерное оценочное сравнение стоимости предлагаемой установки и применяемых в настоящее время аналогичных по параметрам установок (в основном зарубежного производства) показало снижение стоимости более чем в 2 раза.

Список литературы

1. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: Справочник/Под ред. В.А.Баумана, И.И.Быховского, Б.Г.Гольдштейна. М.: Машиностроение, 1970, 548 с.
2. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред.совет: В.Н.Челомей (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. – Т.1-6. Вибрационные процессы и машины/Под ред. Э.Э.Лавендела. 1981, 509 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТОРКРЕТ-БЕТОНА С КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКОЙ

Смирнова О.М., Корпош Р.В. (СПбГУ, г. Санкт-Петербург, РФ)

Рассмотрены основные преимущества и недостатки «сухого» и «мокрого» способа получения торкрет-бетона, показаны изменения водо-цементных отношений, соответствующих рассмотренным способам получения торкрет-бетона, обоснованы основные требования к компонентам, исследовано влияние комплексной добавки на водоцементное отношение, прочностные характеристики в возрасте 3, 12, 18 и 24 часов.

Понятие торкрет-бетон используется для технологии укладки и уплотнения бетонной смеси, при этом к свойствам затвердевшего бетона предъявляются такие же требования, что и к традиционному цементному бетону. Технология получения торкрет-бетона известна несколько десятилетий и предполагает способ нанесения бетонных смесей под давлением на вертикальные поверхности и потолки. Бетонную смесь подают к месту укладки по материалопроводу, а затем наносят путем разбрызгивания под высоким давлением. Это обеспечивает уплотнение смеси на вертикальных поверхностях.

В технологии торкрет-бетона отсутствуют опалубочные работы, а также процесс уплотнения смеси, в отличие от других способов производства бетонных работ, где для уплотнения смесей используют, например, вибрирование.

Исходными материалами для получения торкрет-бетона являются цемент, заполнитель, вода, химические и минеральные добавки, стальная или полимерная фибра. В качестве добавок используют ускоритель схватывания, пластификатор, минеральные добавки (например, микрокремнезем), в некоторых случаях, для транспортировки готовой бетонной смеси к месту производства работ (для мокрого способа) могут использовать химические добавки, регулирующие сроки схватывания. Фибра позволяет повышать прочность на растяжение [1,2,3], минеральные добавки улучшают подвижность смеси при низком расходе воды [4,5,6], минеральные добавки могут повышать раннюю прочность бетона [7], ударную прочность бетона [8] и другие свойства.

Торкрет-бетон как способ строительства целесообразен при незначительной толщине конструкций и большой площади поверхности; при плавном изменении сечений конструкций; для криволинейных пространственных конструкций.

Понятия «сухого» и «мокрого способа» получения торкрет-бетона относятся к состоянию исходной смеси во время ее транспортирования по материалопроводу. При «мокром способе» получения торкрет-бетона производится транспортирование готовой бетонной смеси с постоянным водоцементным отношением. При «сухом способе» получения торкрет-бетона производится транспортирование сухой бетонной смеси сплошным потоком, а водоцементное отношение и требуемая удобоукладываемость смеси подбирается на месте производства работ при выходе из распылительного сопла, т.е. при нанесении бетонной смеси на поверхность.

Характерным для сухого способа торкретирования является то, что оптимальные значения водоцементного отношения находятся в очень узком диапазоне, изменяющемся в конкретных условиях. Только опытный рабочий-торкретчик может правильно оценить этот диапазон значений и выдерживать его. В связи с этим количество воды затворения определяется на месте производства работ. При повышенном содержании воды смесь сползает или обваливается. При добавлении меньшего количества воды смесь будет иметь хорошее сцепление с поверхностью и низкое значение водоцементного отношения, но величина отскока значительно повышается, особенно при нанесении смеси на потолочные поверхности. Поэтому соблюдаемый рабочим-торкретчиком целесообразный диапазон значений водоцементного отношения бетона должен различаться не более чем на 0,3. Данные о величине значений водоцементного отношения в специальной литературе различны. В зависимости от размера заполнителя примерное значение водоцементного отношения может составлять от 0,56 до 0,46 (в среднем 0,5).

При мокром способе торкретирования рабочий-торкретчик не может изменить значение водоцементного отношения. Значения водоцементного отношения составляют от 0,38 до 0,44. При подаче сплошным потоком водоцементное отношение определяют так же, как для монолитного бетона (подаваемого бетононасосом), т.е. в зависимости от содержания цемента. Значения водоцементного отношения могут достигать 0,6.

Более точные данные о значениях водоцементного отношения смеси устанавливаются для каждого отдельного случая и уточняются по величине отскока.

Для получения торкрет-бетона допускается применение портландцемента и цементов на основе портландцементного клинкера. Портландцементы быстротвердеющие можно рекомендовать для торкретирования холодных поверхностей, потолков [9,10]. Заполнитель должен иметь непрерывный зерновой состав. Для несущих конструкций следует выбирать щебень, получаемый дроблением гранитных пород. Дробленые зерна должны иметь кубическую форму. Для конструкций с густым армированием или арматурной сеткой с мелкими ячейками целесообразно применять зерна заполнителя размером до 8 мм. Большую часть всего торкрет-бетона (примерно 90 %) изготавливают на заполнителе размером до 8 мм. Максимальная крупность зерен заполнителя должна быть менее 1/3 сечения конструкции или диаметра материалопровода.

Величина отскока повышается вследствие плохо подобранного зернового состава заполнителя и направления торкретирования. В этом случае расход цемента в торкрет-бетоне следует повышать, т.к. величина отскока уменьшается с

увеличением расхода цемента. В связи с тем, что чаще отскакивают крупные зерна заполнителя, то используют более высокий расход мелкого заполнителя по сравнению с крупным.

При подборе состава торкрет-бетона необходимо учитывать действие пластифицирующих добавок и ускорителей твердения. Согласно СТО НОСТРОЙ 2.27.128-2013 в зависимости от условий реализации проекта ранняя прочность торкрет-бетона должна быть от 1,5 до 2 МПа в период до 3 часов после нанесения и от 15 до 20 МПа в период 24 часов после нанесения. В связи с этим целью работы является оценка влияния комплексной добавки на раннюю прочность бетона в возрасте 3, 12, 18 и 24 часов.

В исследовании использованы отечественные портландцементы ПЦ500-Д0-Н разных заводов-производителей с содержанием C_3S в пределах 62,1-66,4%; C_3A – 4,1-7,9%; SO_3 – 2,50-3,12%; R_2O – 0,55-0,60%.

Комплексная добавка, использованная в исследованиях, состоит из суперпластификатора, ускорителя твердения и пеногасителя согласно [11]. Оценка влияния добавки на снижение расхода воды и кинетику набора прочности производилась на растворной смеси с соотношением Ц:П=1:2,27. Бездобавочная смесь была изготовлена с В/Ц=0,47. Для определения прочностных характеристик были изготовлены образцы-балочки 4×4×16 см.

Изменение водоредуцирующего действия добавки в зависимости от вида портландцемента показано на рисунке 1, что можно объяснить влиянием минералогического состава цемента на действие суперпластификатора [12, 13, 14].

Влияние комплексной добавки на раннюю прочность в возрасте 3, 12, 18 и 24 часов представлено в таблице 1.

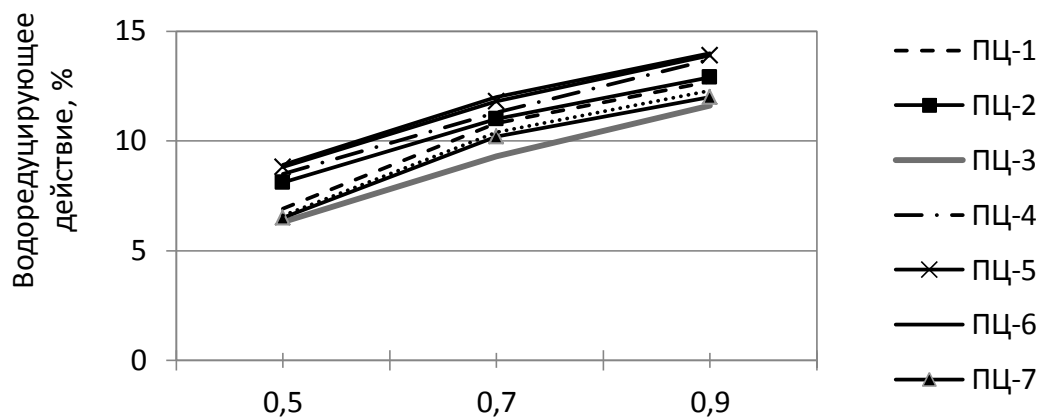


Рисунок 1 – Водоредуцирующее действие комплексной добавки в зависимости от вида цемента

Таблица 1 – Прочность бетона в разном возрасте в зависимости от расхода добавки

Расход добавки, %	В/Ц	В _д , %	Прочность, МПа			
			3 час.	12 час.	18 час.	24 час.
0	0,47	-	0,8	5,6	9,7	12,6
0.5	0,43	8.5	1,4	14,8	22,1	26,8
0.7	0,41	12.7	1,9	17,1	25,8	29,6
0.9	0,39	17.0	2,2	19,3	28,1	31,5

Таким образом, требуемые прочностные характеристики в возрасте 3 и 24 часов у образцов без добавки не достигнуты. При расходе добавки в количестве 0,5% от массы цемента требуемая прочность 1,5 МПа в возрасте 3 часов также не была получена. Согласно данным таблицы 1 можно рекомендовать расход добавки 0,7-0,9%.

Список использованных источников

1. Смирнова О.М., Корпош Р.В. Дисперсное армирование для получения высококачественного бетона. Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. № 4. С. 57-61.
2. Смирнова О.М. Влияние дисперсного армирования синтетическим макроволокном на прочность дорожного бетона. Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2016. Т. 2. № 3. С. 15-19.
3. Лукашев Д.В., Смирнова О.М. К вопросу о деформационно-упрочненных цементных композитах. Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2014. № 4. С. 410-412.
4. Петрова Т.М., Смирнова О.М., Фролов С.Т. Свойства пластифицированных композиций портландцемент-доменный шлак с учетом электроповерхностных явлений. Вестник гражданских инженеров. 2011. № 2. С. 118-123.
5. Смирнова О.М., Макаревич О.Е. Расход и дисперсность молотого известняка для самоуплотняющегося бетона. Цемент и его применение. 2014. № 4. С. 76-78.
6. Беленцов Ю.А., Смирнова О.М., Шаманина Д.Д. Самоуплотняющийся бетон с использованием наполнителя из молотого известняка / В сборнике: СТРОИТЕЛЬСТВО-2016 Материалы II Брянского международного инновационного форума. Редакционная коллегия: Н.П. Лукутцова, М.Ю. Прокуров, М.А. Сенющенко. 2016. С. 22-25.
7. Смирнова О.М. Использование минерального микронаполнителя для повышения активности портландцемента. Строительные материалы. 2015. № 3. С. 30-33.
8. Kharitonov A., Korobkova M., Smirnova O. The influence of low-hard dispersed additives on impact strength of concrete. В сборнике: Procedia Engineering 7. Сер. "7th Scientific-Technical Conference on Material Problems in Civil Engineering, MATBUD 2015" 2015. С. 239-244.
9. Петрова Т.М., Смирнова О.М. Пути получения бетона для сборных железобетонных конструкций с использованием низкотемпературной тепловлажностной обработки. Цемент и его применение. 2014. № 1. С. 188-190.
10. Смирнова О.М. Требования к гранулометрическому составу портландцементов для производства сборного железобетона по малопрогревной технологии. Цемент и его применение. 2012. № 1. С. 205-207.
11. Петрова Т.М., Смирнова О.М. Комплексная добавка. Патент на изобретение RUS 2552565 от 25.03.2014

12. Смирнова О.М., Макаревич О.Е. Выбор водоредуцирующих добавок и их расходов для высокопрочных бетонов сборных конструкций / Ресурсо-энергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2014. № 4. С. 74-77.

13. Smirnova O.M. Compatibility of portland cement and polycarboxylate-based superplasticizers in high-strength concrete for precast constructions / Инженерно-строительный журнал. 2016. № 6 (66). С. 12-22.

14. Смирнова О.М. Зависимость прочности бетона с добавками на поликарбоксилатной основе от свойств портландцемента после низкотемпературной тепловлажностной обработки / Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 9 (645). С. 20-27.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ТАМПОНАЖНОГО КАМНЯ

Смирнова О.М., Михайлевский В.Р. (СПбГУ, г. Санкт-Петербург, Россия)

Проанализированы современные направления исследований по повышению прочности и долговечности тампонажного камня. Рассмотрены свойства суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе с целью применения в тампонажных растворах. Проведены исследования по влиянию минеральных добавок на водоотделение, растекаемость пластифицированного цементного теста, прочность при изгибе тампонажного камня.

К цементному кольцу за обсадной колонной предъявляется ряд требований, таких как низкая проницаемость, хорошая адгезия к горным породам и обсадной колонне, высокие прочностные характеристики, долговечность.

В настоящее время многими учеными исследуется направление повышения прочности и долговечности тампонажного камня за счет использования в его составе ультрадисперсных минеральных добавок [1-4]. При этом тампонажный камень должен удовлетворять условиям и технологии цементирования нефтяных и газовых скважин. Тонкомолотые минеральные добавки могут выполнять роль уплотнителей, т.к. заполняют пространство между частицами цемента, а также участвуют в процессах структурообразования за счет пуццолановой активности.

Авторы данной статьи видят следующие направления в повышении прочности цементного камня в составе тампонажного раствора: использование тонкодисперсных минеральных добавок и поликарбоксилатных суперпластификаторов с высокой анионной активностью. Тонкодисперсные минеральные добавки для тампонажных составов повышенной прочности должны удовлетворять ряду требований: иметь тонкость помола меньшую, чем у портландцемента с целью уплотнения цементного камня; иметь пуццолановую активность; иметь отрицательный дзета-потенциал в щелочной среде с целью повышения пластифицирующей способности анионоактивного поликарбоксилатного суперпластификатора и снижения содержания воды [5-10].

Удовлетворять этим требованиям может тонкомолотый кварцевый песок с содержанием частиц размером менее 10 $\mu\text{м}$ более 90% [11, 12, 13]. Современное помольное оборудование, оснащенное классификатором частиц, позволяет получать молотый кварцевый песок такой тонкости помола. Однако целесообразно вести исследования с целью создания мульти-компонентных минеральных добавок, которые будут удовлетворять вышеперечисленным требованиям.

Для создания тампонажных растворов различной плотности, в том числе облегченных, необходимо использовать легкие минеральные добавки с тонкостью помола соответствующей или большей тонкости помола тампонажного портландцемента [14, 15].

Испытания проводились на тампонажном портландцементе марки ПЦТ I-50 (ОАО «Горнозаводскцемент»). Согласно ГОСТ 1581-96 это портландцемент тампонажный бездобавочный для низких и нормальных температур (15-50) $^{\circ}\text{C}$, обычный (требования по сульфатостойкости не предъявляются). Минералогический состав тампонажного портландцемента: трехкальциевый силикат – 63,8 %, двухкальциевый силикат – 10,1 %, трехкальциевый алюминат – 4,9 %, четырехкальциевый алюмоферрит – 16,1 %. За контрольный состав принято цементное тесто с В/Ц = 0,42, содержащее суперпластификатор на поликарбоксилатной основе в количестве 0,4% от массы ПЦТ.

Растекаемость и водоотделение пластифицированного цементного теста, прочность при изгибе цементного камня определялись согласно ГОСТ 26798.1-96. Растекаемость пластифицированного цементного теста контрольного состава составила 220 мм. Водоотделение контрольного состава составило 2 мл, прочность при изгибе в возрасте 2 суток – 2,9 МПа.

Согласно ГОСТ 1581-96 «Портландцементы тампонажные. Технические условия» допускается использование минеральных добавок в количестве 6-20%, при этом добавок осадочного происхождения не должно быть более 10% массы цемента. В связи с этим расход тонкодисперсной минеральной добавки выбран в диапазоне 6-20% от массы ПЦТ.

В работе использован микронаполнитель из молотого природного кварцевого песка с содержанием диоксида кремния SiO_2 более 94% (Лужское месторождение). Для получения тонкодисперсных частиц использовалась центробежно-эллиптическая мельница AC100 (класс мельниц “Активатор С”) фирмы Oy CYCLOTEC Ltd - Финляндия. Для определения гранулометрического состава минеральных наполнителей был использован лазерный дифракционный анализатор размера частиц MicroSizer 201. Гранулометрический состав микронаполнителя представлен в таблице 1.

Растекаемость определялась с помощью формы-конуса. Увеличение растекаемости цементного теста по сравнению с растекаемостью контрольного состава при замене части тампонажного портландцемента микронаполнителем представлено в таблице 2.

Результаты по определению водоотделения и прочности при изгибе представлены в таблицах 3, 4.

Секция 5. Инновационные строительные материалы и изделия

Таблица 1 Гранулометрический состав микронаполнителя

Микронаполнитель	Содержание частиц размером менее, %			
	1 мкм	5 мкм	10 мкм	50 мкм
Молотый кварцевый песок	13,0	62,2	92,5	100

Таблица 2 – Увеличение растекаемости цементного теста

	Кол-во микронаполнителя, % от массы ПЦТ				
	0	6	10	15	20
Растекаемость, мм	220	229	236	243	252
Увеличение растекаемости, %	-	4	7	11	15

Таблица 3 – Водоотделение цементного теста

	Кол-во микронаполнителя, % от массы ПЦТ				
	0	6	10	15	20
Водоотделение, мл	2	0	0	1	1

Таблица 4 – Прочность при изгибе

	Кол-во микронаполнителя, % от массы ПЦТ				
	0	6	10	15	20
Предел прочности на растяжение при изгибе в возрасте 2 суток, МПа	2,9	3,1	3,2	2,8	2,6

С увеличением количества микронаполнителя растекаемость цементного теста повышается до 15%.

С увеличением количества микронаполнителя водоотделение цементного теста снижается.

Для повышения прочности при изгибе расход кварцевого микронаполнителя составил 6-15%. С увеличением микронаполнителя до 20% прочность на изгиб снизилась до 2,6 МПа, что ниже минимально допустимого значения этого показателя (2,7 МПа) согласно требованию ГОСТ 1581-96.

Таким образом, для повышения прочности и долговечности цементной матрицы в структуре тампонажного раствора необходимо уделять внимание выбору тонкодисперсных минеральных добавок. Установлено, что тонкомолотый кварцевый песок с содержанием частиц размером менее 10 $\mu\text{м}$ более 90% в количестве 6-15% от массы ПЦТ-50 позволяет повышать растекаемость пластифицированного цементного теста, снижать водоотделение, повышать прочность при изгибе. Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание мульти-компонентных тонкодисперсных минеральных добавок для тампонажных растворов.

Список литературы

1. E. Grabowski, J.E. Gillott, Effect of replacement of silica flour with silica fume on engineering properties of oilwell cements at normal and elevated temperatures and pressures, Cement and Concrete Research 19 (1989) 333–344.

2. Choolaei, M., Rashidi, A. M., Ardjmand, M., Yadegari, A., & Soltanian, H. (2012). The effect of nanosilica on the physical properties of oil well cement. *Materials Science and Engineering: A*, 538, 288-294.
3. Русинов Д.Ю. Тампонажный раствор повышенной прочности / Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. 2015. № 1. С. 92-95.
4. Чернышов С.Е., Куницких А.А., Русинов Д.Ю. Влияния минеральных добавок на прочностные показатели цементного камня / Нефтяное хозяйство. 2014. № 8. С. 20–23.
5. Smirnova O.M. Compatibility of portland cement and polycarboxylate-based superplasticizers in high-strength concrete for precast constructions. *Инженерно-строительный журнал*. 2016. № 6 (66). С. 12-22.
6. Kharitonov A., Korobkova M., Smirnova O. The influence of low-hard dispersed additives on impact strength of concrete / В сборнике: *Procedia Engineering 7. Сер. "7th Scientific-Technical Conference on Material Problems in Civil Engineering, MATBUD 2015"* 2015. С. 239-244.
7. Беленцов Ю.А., Смирнова О.М., Шаманина Д.Д. Самоуплотняющийся бетон с использованием наполнителя из молотого известняка / В сборнике: *СТРОИТЕЛЬСТВО-2016 Материалы II Брянского международного инновационного форума*. Редакционная коллегия: Н.П. Лукутцова, М.Ю. Прокуров, М.А. Сеньющенко. 2016. С. 22-25.
8. Смирнова О.М., Макаревич О.Е. Расход и дисперсность молотого известняка для самоуплотняющегося бетона / Цемент и его применение. 2014. № 4. С. 76-78.
9. Петрова Т.М., Смирнова О.М., Фролов С.Т. Свойства пластифицированных композиций портландцемент-доменный шлак с учетом электроповерхностных явлений. *Вестник гражданских инженеров*. 2011. № 2. С. 118-123.
10. Смирнова О.М., Макаревич О.Е. Выбор водоредуцирующих добавок и их расходов для высокопрочных бетонов сборных конструкций / Ресурсо-энергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2014. № 4. С. 74-77.
11. Смирнова О.М. Высококачественные бетоны для предварительно напряженных железобетонных подрельсовых конструкций / автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.23.05 / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург, 2013
12. Smirnova O. Obtaining the high-performance concrete for railway sleepers in Russia / В сборнике: *Procedia Engineering 12. Сер. "Modern Building Materials, Structures and Techniques"* 2017. С. 1039-1043.
13. Петрова Т.М., Смирнова О.М. Пути получения бетона для сборных железобетонных конструкций с использованием низкотемпературной тепловлажностной обработки. *Цемент и его применение*. 2014. № 1. С. 188-190.
14. Фролов А.А., Янкевич В.Ф., Овчинников П.В., Овчинников В.П. Облегченный расширяющийся тампонажный раствор / Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 1997. № 5. С. 77-79.

15. Белей И.И., Коростелев А.С., Кармацких С.А., Цыпкин Е.Б., Антоненко Д.В., Астахов А.А., Гильфанов В.Р. Разработка и применение унифицированных цементных смесей для приготовления тампонажных растворов пониженной плотности при одноступенчатом цементировании обсадных колонн / Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2015. № 6. С. 32-37.

ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН С АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ

Соболева Г.Н., Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Мастеров Д.С., Артамонов П.А.
(БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Представлены результаты влияния активной минеральной добавки трепела месторождения «Гришина Слобода» Брянской области на прочность тяжелого бетона. Установлено, что использование добавки трепела в количестве 5% от массы цемента повышает прочность тяжелого бетона на 47 %.

Поиск новых и совершенствование существующих комплексных минерально-химических добавок – наиболее перспективное направление развития технологии бетона [1- 14].

Активные минеральные добавки (АМД), обладающие пуццолановыми свойствами, используется уже много десятков лет для улучшения физико-механических свойств получаемых материалов на основе портландцемента, повышения их долговечности, а также химической стойкости [15]. Одной из таких минеральных добавок является трепел.

Трепел (нем. Tüpfel, от названия города Tripoli – Триполи в Северной Африке), тонкопористая опаловая осадочная горная порода, рыхлая или слабосцементированная, очень лёгкая. По физико-химическим свойствам трепел аналогичен диатомиту, но содержит мало или почти лишён органических остатков. Сложен преимущественно мелкими сферическими опаловыми, иногда халцедоновыми тельцами (глобулами) размером 0,01-0,02 мм. Обычно в небольшом количестве содержит глинистое вещество, зёрна глауконита, кварца, полевых шпатов. Цвет от белого и сероватого до бурого, красного и чёрного. Плотность трепела 2000-3000 кг/м³; пористость 60,2-64%; твёрдость 1-3 [16].

Как и любая другая АМД трепел при добавлении в портландцемент способствует улучшению ряда его технических свойств, таких как водостойкость и сульфатостойкость; снижает экзотермию. При этом основным свойством АМД является способность связывать гидроксид кальция, образующийся при гидратации портландцемента в низкоосновные гидросиликаты кальция при обычной температуре, предотвращая тем самым его выщелачивание из бетона в процессе эксплуатации конструкций.

Целью работы является изучение влияния активной минеральной добавки – трепела месторождения «Гришина Слобода» Брянской области на прочность тяжелого бетона.

В качестве сырьевых материалов для приготовления бетонной смеси контрольного состава применялись:

- общестроительный бездобавочный нормальноотвердевающий портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108 (АО «Мальцовский портландцемент», Брянская обл.);
- гранитный щебень фракции 5-20 мм (рис. 1) по ГОСТ 8267 (ООО «Строй-ТехПрогресс», Брянская область);
- карьерный песок с модулем крупности 1,14 (рис. 2) по ГОСТ 8736 (Полпинское месторождение, Брянский р-н);
- вода по ГОСТ 23732.
- суперпластификатор С-3 в виде сухого вещества (ОАО «Полипласт», г. Новомосковск, Тульская обл.).

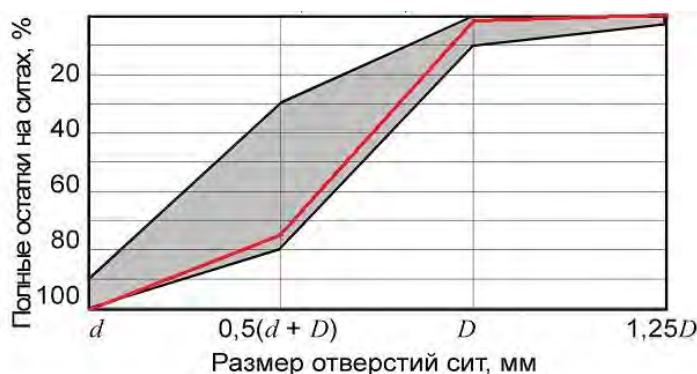


Рисунок 1 – График зернового состава щебня

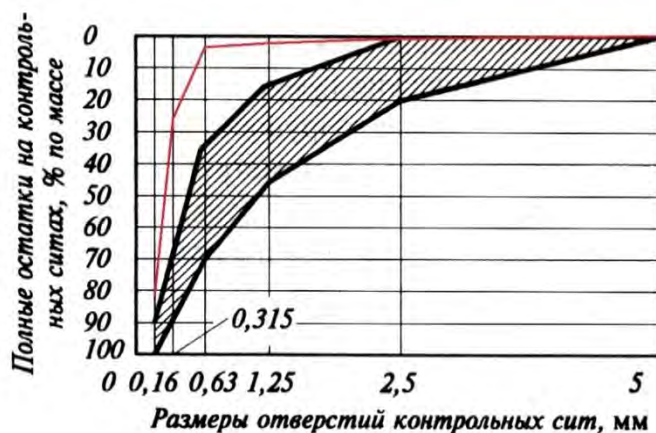


Рисунок 2 – График зернового состава песка

Технические характеристики основных сырьевых материалов для приготовления бетонной смеси контрольного состава представлены в таблице 1.

На основании расчетно-экспериментальных данных, для получения 1 м³ бетона установлен следующий контрольный состав:

- портландцемент – 400 кг;
- песок – 400 кг;
- щебень – 1100 кг;
- вода – 230 л;
- С-3 – 0,5%.

Трепел вводился в бетонную смесь в сухом виде в количестве от 5 до 15% от массы цемента.

Секция 5. Инновационные строительные материалы и изделия

Таблица 1 – Технические характеристики сырьевых материалов

Наименование показателя, единица измерения	Значение
Портландцемент	
Химический состав клинкера, % по массе:	
оксид кальция CaO	65,4-66,2
оксид кремния SiO ₂	20,6-21,6
оксид алюминия Al ₂ O ₃	4,9-5,5
оксид железа (III) Fe ₂ O ₃	4,1-4,5
оксид магния MgO	0,8-1
оксид серы (VI) SO ₃	0,2-1,4
щелочные оксиды (в пересчете на Na ₂ O)	0,6-0,7
Минеральный состав клинкера, % по массе:	
трехкальциевый силикат C ₃ S	62-68
двухкальциевый силикат C ₂ S	7-13
трехкальциевый алюминат C ₃ A	5,4-7,4
четырекальциевый алюмоферит C ₄ AF	12,7-13,7
Истинная плотность, кг/м ³	3100
Насыпная плотность, кг/м ³	1200
Удельная поверхность, м ² /кг	340
Нормальная густота, %	24
Сроки схватывания, мин:	
начало	190
конец	270
Активность (предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток), МПа	28,7
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг, не более	370
Щебень	
Истинная плотность, кг/м ³	2500
Насыпная плотность, кг/м ³	1450
Наибольшая крупность зерен, мм	20
Содержание зерен пластинчатой (лещадной и игловатой) формы, %	5
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,98
Содержание глины в комках, %	0,25
Содержание зерен слабых пород, %	0,6
Марка по прочности на сжатие	M1000
Марка по морозостойкости	F200
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг, не более	370
Песок	
Истинная плотность, кг/м ³	2400
Насыпная плотность, кг/м ³	1500
Модуль крупности	1,14
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	2
Содержание глины в комках, %	0,1
Содержание органических примесей	соответствует
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг, не более	370

Исследование химического состава трепела методом сканирующей электронной микроскопии показало, что к основным его элементам относятся: кислород, кремний и алюминий (рисунок 3, таблица 2).

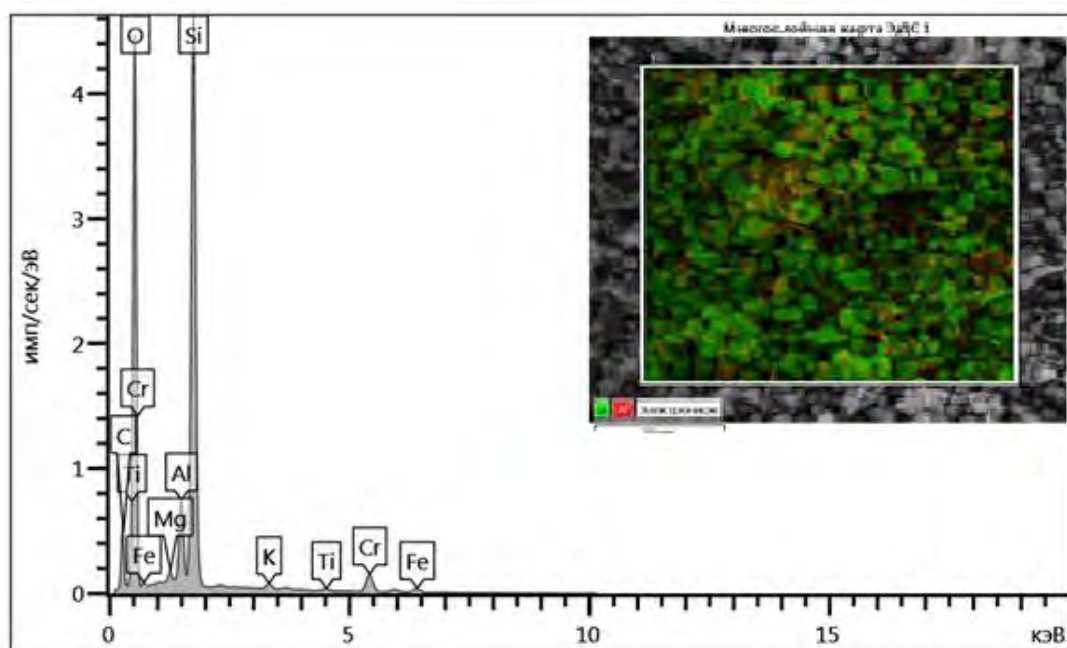


Рисунок 3 – Морфология частиц и распределение химических элементов в составе трепела

Таблица 2 – Элементный состав трепела

Номер спектра	Элементный состав, мас. %								Сумма
	O	Al	Si	K	Mg	Fe	Ti	Cr	
Спектр 1	52,97	2,40	40,73	0,69	0,74	2,14	0,09	0,04	100
Спектр 2	52,95	2,62	40,72	0,81	0,74	1,99	0,14	0,03	100
Спектр 3	51,11	4,65	40,26	0,76	0,82	2,15	0,21	0,04	100
Спектр 4	53,86	4,12	38,89	0,74	0,81	2,11	0,19	0,02	100
Спектр 5	54,88	2,97	38,23	0,78	0,86	2,09	0,16	0,03	100
Спектр 6	51,96	2,89	41,66	0,74	0,76	1,89	0,08	0,02	100
Среднее значение	52,96	3,28	33,29	0,75	0,79	2,06	0,145	0,03	-
Интервал варьирования	51,11- 54,88	2,40- 4,65	38,33- 41,66	0,69- 0,81	0,74- 0,86	1,89- 2,15	0,08- 0,21	0,02- 0,04	-

Эффективность трепела оценивалась в соответствии с ГОСТ 30459 [17] по изменению проектной (марочной) прочности на сжатие ΔR_{28} тяжелого бетона в основном составе (с добавкой трепела) по сравнению с контрольным в возрасте 28 суток нормального твердения. Марки по подвижности бетонных смесей контрольного и основного составов равнялись П2.

Бетонные смеси приготавливались следующим образом: загрузка в лабораторный бетоносмеситель принудительного действия щебня с 30 %-м расходом воды (для удаления пылеватых частиц); перемешивание увлажненного щебня с песком; добавление портландцемента, предварительно смешанного с трепелом (в количестве 10-15 % от массы вяжущего), и остатка воды с С-3; тщательное перемешивание массы до однородной смеси.

Изменение проектной (марочной) прочности на сжатие тяжелого бетона основного состава по сравнению с контрольным ΔR_{28} , %, определялось на образцах-кубах размерами 10×10×10 см по формуле

$$\Delta R_{28} = \frac{R_{28}^{\text{осн}} - R_{28}^{\text{контр}}}{R_{28}^{\text{контр}}} \cdot 100,$$

где $R_{28}^{осн}$ и $R_{28}^{контр}$ – проектная (марочная) прочность на сжатие тяжелого бетона основного и контрольного составов, МПа.

Результаты оценки эффективности трепела по изменению прочности тяжелого бетона представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение проектной (марочной) прочности на сжатие тяжелого бетона с трепелом

Состав бетонной смеси, кг/м ³					Прочность на сжатие бетона, МПа, в возрасте 28 суток	Изменение прочности на сжатие бетона, %, в возрасте 28 суток	Класс бетона по прочности на сжатие
Портланд-цемент	песок	щебень	вода	трепел			
400	400	1100	230	–	28,7	–	B20
400	400	1100	235	20 (5%)	42,2	47	B30
400	400	1100	240	40 (10%)	31,4	9	B25
400	400	1100	260	60 (15%)	29,2	2	B20

Установлено, что при введении трепела в количестве 5 % (от массы портландцемента) проектная (марочная) прочность на сжатие тяжелого бетона повышается на 47 % (от 28,7 до 42,2 МПа), а класс по прочности на сжатие возрастает на 4 позиции (от B20 до B30).

Последующее увеличение количества трепела от 5 до 10 % является менее эффективным, так как проектная (марочная) прочность на сжатие тяжелого бетона повышается на 9 % (от 28,7 до 31,4 МПа), а класс по прочности на сжатие возрастает на 2 позиции (от B20 до B25).

Заключение

Таким образом, установлено, что использование трепела месторождения «Гришина Слобода» Брянской области в качестве активной минеральной добавки в количестве 5% повышает прочность тяжелого бетона на 47 % (от 28,7 до 42,2 МПа), а класс по прочности на сжатие от B20 до B30. Увеличение количества трепела от 5 до 10 % является менее эффективным, а с 10 до 15% – неэффективным.

Список литературы

1. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength / N.P. Lukutsova [et al.] // Solid State Phenomena. 2018. Т. 284. Р. 1005-1011.
2. Lukutsova N., Ustinov A. Additive based on biosiliphycated nanotubes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40451-40453.
3. Лукутцова Н.П. Карпиков Е.Г. Энергоэффективный мелкозернистый бетон с комплексным микронаполнителем/ Н.П. Лукутцова, Е.Г. Карпиков // Строительство и реконструкция. 2014. №5 (55). С. 94-100.
4. Повышение экологической безопасности декоративного мелкозернистого бетона на основе использования техногенного глауконитового песка / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2014. № 1 (51). С. 79-84.

5. Лукутцова Н.П. Наномодифицированные композиционные строительные материалы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию строит. фак. и 85-летию БГИТУ (Брянск, 1-2 дек. 2015 г.). Брянск: Изд-во БГИТУ. 2015. Т. 1. С. 94-100.
6. Лукутцова Н.П., Пашаян А.А., Хомякова Е.Н. Исследование влияния добавок на основе травильных растворов, содержащих соли железа, на структуру и прочность мелкозернистого бетона // Вестник МГСУ. 2016. № 1. С. 94-104.
7. Хомякова Е.Н., Пашаян А.А., Лукутцова Н.П. Использование травильных растворов сталепрокатных заводов в качестве добавок для бетона // Эффективные строительные композиты. Научно-практич. конф. к 85-летию докт. техн. наук Баженова Ю.М. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 729-733.
8. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
9. Лукутцова Н.П., Анисимов П.В. Физические процессы при гидратации цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 25-27.
10. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84-88.
11. Environmentally safe schungite-based nano-dispersion additive to concrete / N. Lukuttsova [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. № 22. P. 15801-15809.
12. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А. Устойчивость нанодисперсных добавок на основе метакаолина // Стекло и керамика. 2014. № 11. С. 7-11.
13. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде. Пыкин А.А. [и др.] // Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.
14. Повышение эффективности мелкозернистого бетона комплексной микродисперсной добавкой / Гегерь В.Я. и [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 15-18.
15. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Карпиков Е.Г. Особенности структурообразования цементного камня с углерод-кремнеземистой нанодисперсной добавкой // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 66-67.
16. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3. С. 26.
17. Техничко-экологическое обоснование получения наномодификатора для бетона / Лукутцова Н.П. [и др.] // Строительство и реконструкция. 2012. № 3. С. 42-47.
15. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства) // Волженский А.В. и др. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
16. Геология, минералогия, петрография. Справочное руководство по строительному материаловедению: Справочное пособие / Гончаров Ю.И. и [др.]. М.: Издательство АСВ, 2008. 232 с.

17. ГОСТ 30459-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности; введ. 01.01.2011. М.: Стандартинформ, 2010. – 15 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА VIATOR PLUS НА РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ДОРОЖНОГО БИТУМА

Соломенцев А.Б., Оноприйчук Д.А. (ОГУ им. И.С. Тургенева, г. Орёл, РФ)

Приведены результаты реологических исследований дорожного битума с добавками Viator plus: зависимости динамической вязкости от температуры испытаний и скорости сдвигового деформирования. Показано, что добавка Viator plus CT40 в битуме проявляет реологическое поведение, характерное для низкотемпературных добавок восков, а добавка Viator plus FEP в битуме проявляет способность битума снижать вязкость с увеличением скорости сдвига, т.е. битум обладает повышенной деформативностью и эластичностью и ведет себя как полимербитумное вяжущее.

The results of rheological studies of road bitumen with Viator plus additives: the dependence of the dynamic viscosity on the test temperature and shear strain rate are presented. It is shown that the addition of Viator plus CT40 in bitumen exhibits rheological behavior typical for low-temperature additives of waxes and the addition of Viator plus FEP in bitumen shows the ability of bitumen to reduce viscosity with increasing shear rate, i.e. bitumen has increased deformability and elasticity and behaves as a polymer-bitumen binder.

Стабилизирующие добавки в щебеночно-мастичном асфальтобетоне (ЩМА) предназначены для удерживания (фиксирования) битумного вяжущего в межзерновом пространстве щебеночного каркаса щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси (ЩМАС) с помощью образующейся в результате её приготовления мастики, т.е. асфальтовяжущего, состоящего из битума, минерального порошка, стабилизирующей добавки с битумоудерживающими свойствами, а также других модифицирующих добавок (адгезионных, структурирующих т.д.).

Эффективной стабилизирующей добавкой для ЩМА является волокнистая гранулированная добавка на основе технической целлюлозы Viator 66, представляющая собой гранулированную смесь из примерно 67% технической целлюлозы и 33% битума [1]. На российском рынке представлены ещё две стабилизирующие добавки Viator с дополнительными функциональными свойствами. Это добавка Viator plus CT40 и Viator plus FEP. Добавка Viator plus CT40 представляет собой гранулы, состоящие из 60% целлюлозного волокна ARBOCEL ZZ 8/1 и 40% воска, полученного по методу Фишера-Тропша, и являющегося низкотемпературной добавкой для асфальтобетона (информационные материалы и добавки Viator предоставлены ООО «Реттенмайер Рус»). Добавка Viator plus FEP представляет собой гранулы, состоящие из 20% целлюлозных

волокон ARBOCEL ZZ 8/1 и 80% эластомерного модификатора, предназначенного для получения полимеромодифицированной асфальтобетонной смеси. Для сравнения реологического поведения Viator plus CT40 была смоделирована двухкомпонентная добавка Viator 66 с низкотемпературной добавкой Sasobit, а также произведено сравнение реологических характеристик битума с добавкой Viator plus FER с реологическими характеристиками битума с термоэластопластом (эластомером) KTR 103, являющийся сополимером (стирол-бутадиен-стирол) линейной структуры. Ранее были определены реологические свойства дорожного битума с адгезионными добавками [2], динамическая вязкость дорожного битума с добавками термопластов и термоэластопластов [3], изучены особенности реологического поведения дорожного битума с добавками для теплого асфальтобетона российского производства [4], определена реологическая чувствительность дорожного битума к полимерным добавкам и допустимые технологические температуры [5], рассмотрены битумы, модифицированные полимерами и добавками [6]. Однако не изучались ранее реологические свойства битума, в состав которого одновременно входят волокнистая стабилизирующая добавка и добавка термоэластопласта (эластомера) или термопласта (воска).

В таблице 1 приведены сведения о расходах, соотношениях компонентов в добавках, соотношениях битум/добавка. Используя рекомендуемые производителями расходы добавок в щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесях рассчитали соотношения битум/добавка в производственных составах ЦМАС и далее рассчитали процентное соотношение битум/добавка. Добавки вводились в битум нефтяной дорожный вязкий производства Московского НПЗ марки БНД 60/90. Добавки Viator 66, Viator plus CT40 и модель plus CT40 вводились в разогретый до 160°C битум и перемешивались в нём вручную до однородного состояния в течение 20 минут. Добавки Viator plus FER и KTR 103 вводились в разогретый до 180°C битум и перемешивались в лабораторной мешалке в течение 2 часов до образования однородной массы без сгустков, комков, крупинок.

Таблица 1 – Сведения о расходах, соотношениях компонентов в добавках, соотношении битум/добавка

№ п/п	Наименование добавки	Соотношение компонентов в добавке, %	Рекомендуемый расход в ЦМА, % от массы смеси	Соотношение битум/добавка в ЦМАС, кг	Принятые соотношения битум/добавка, %
1	Viator 66	целлюлоза – 66 битум – 34	0,3	60/3	95 / 5
2	Viator plus CT40	целлюлоза – 60 воск – 40	0,5	60/5	92 / 8
3	Viator plus FER	целлюлоза – 20 функциональная добавка – 80	0,9	60/9	87 / 13
4	Модель plus CT40 (Viator 66 и Sasobit)	целлюлоза – 60 битум – 20 (сверх 100%) Sasobit-40	-	60/5	92/8
5	KTR-103	KTR-103-100	-	92/8	92/8

Секция 5. Инновационные строительные материалы и изделия

Таблица 2 – Средние значения динамической вязкости дорожного битума БНД 60/90 с добавками

Название добавки		Без до- бавки	Viatop 66	plus CT 40	Модель plus CT 40	plus FEP	KTR-103
Расход добавки, % массы в битуме		-	5	8	8	13	8
Значения динамической вязкости, Па·с, при температуре, °С	60	189.41	232.5	610	759.21	1500	1861
	70	60.09	65.48	481	615.51	1047.25	1347
	80	19.24	21.45	37.77	48.31	261.6	1037
	90	6.57	8.23	10.77	25.81	83.38	760
	100	3.41	3.84	2.92	5.24	47.64	195
	110	1.48	1.88	1.34	2.57	55.25	59.3
	120	0.79	0.84	0.76	1.12	25.67	19.2
	130	0.44	0.47	0.39	0.61	15.46	9.03
	140	0.27	0.29	0.24	0.39	10.82	4.8
	150	0.17	0.19	0.169	0.24	9.72	2.85
	160	0.12	0.13	0.103	0.16	8.17	1.92
	170	0.082	0.095	0.083	0.14	7.14	1.12

Таблица 3 – Максимальные и минимальные значения динамической вязкости дорожного битума БНД 60/90 с добавками

Название добавки		Без до- бавки		Viatop 66		plus CT 40		Модель plus CT 40		plus FEP		KTR-103	
Расход добавки, % массы в битуме		-		5		8		8		13		8	
Границы верхних и нижних значений		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
Значения динамической вязкости, Па·с, при температуре, °С	60	197	178	235	230	630	579	770	750	1935	1818	1937	1765
	70	60.3	59.9	65.65	64.78	590	224	630	608	1180	909	1421	1301
	80	19.5	18.9	21.58	24.3	43.6	30.2	54.3	43.6	373	191	1098	997
	90	6.61	6.45	8.35	8.06	12.2	9.06	36.6	16.5	106	62.1	798	705
	100	3.4	3.39	3.85	3.84	3.25	2.85	5.7	4.81	79.3	44.9	234	191
	110	1.49	1.47	1.88	1.87	1.35	1.32	2.64	2.48	62.6	22.4	64	51.3
	120	0.84	0.78	0.892	0.823	0.805	0.72	1.33	0.96	37	18.16	23.08	17.65
	130	0.44	0.435	0.476	0.471	0.397	0.396	0.66	0.58	27.8	9.48	10.05	8.39
	140	0.27	0.267	0.29	0.287	0.243	0.239	0.44	0.36	24	4.8	5.6	4.2
	150	0.175	0.172	0.186	0.185	0.17	0.169	0.26	0.23	23.3	3.29	3.97	2.12
	160	0.118	0.117	0.13	0.128	0.105	0.102	0.18	0.15	21.1	2.56	2.15	1.54
	170	0.083	0.08	0.096	0.095	0.082	0.082	0.17	0.13	19	1.56	1.59	0.97

Для изучения реологического поведения дорожного битума с добавками использовался программируемый ротационный вискозиметр Brookfield RVDV-II-Pro. Для задания и поддержания требуемой температуры использовалась термоячейка Thermosel со шпинделями SC 4-21 и SC 4-29.

В таблице 2 приведены средние значения динамической вязкости битума БНД 60/90 с добавками, а в таблице 3 максимальные и минимальные значения динамической вязкости. Как видно из таблицы 2 и 3 в интервале температур от 100 до 170°C введение Viator 66 почти не влияет на вязкость битума. При снижении температуры от 90 до 60°C вязкость битума с Viator 66 возрастает на 23-25% по отношению к вязкости битума без добавки.

На рисунке 1 приведена зависимость динамической вязкости битума с добавкой Viator 66 в зависимости от температуры испытания. В интервале температур от 100 до 170°C введение Viator 66 почти не влияет на вязкость битума. При снижении температуры от 90 до 60°C вязкость битума с Viator 66 возрастает по отношению к вязкости битума без добавки.

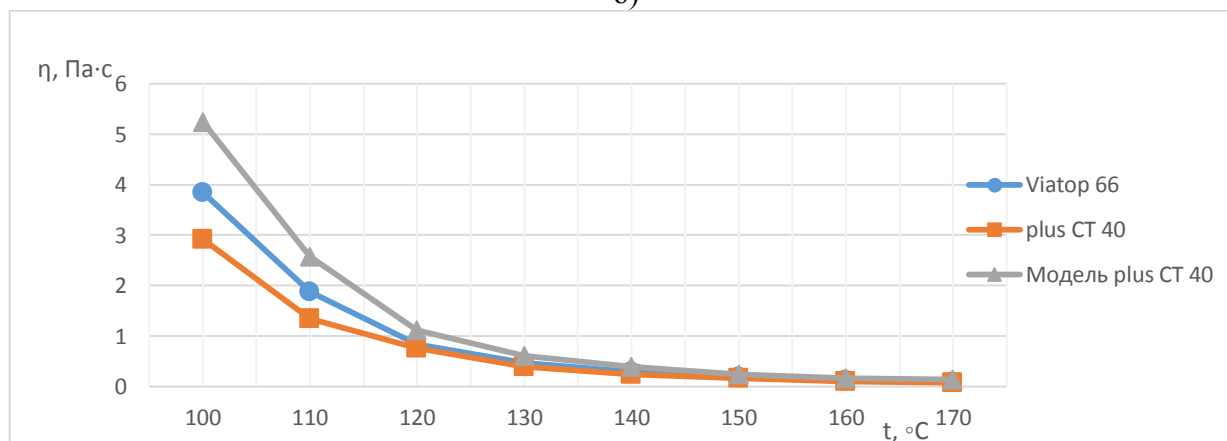
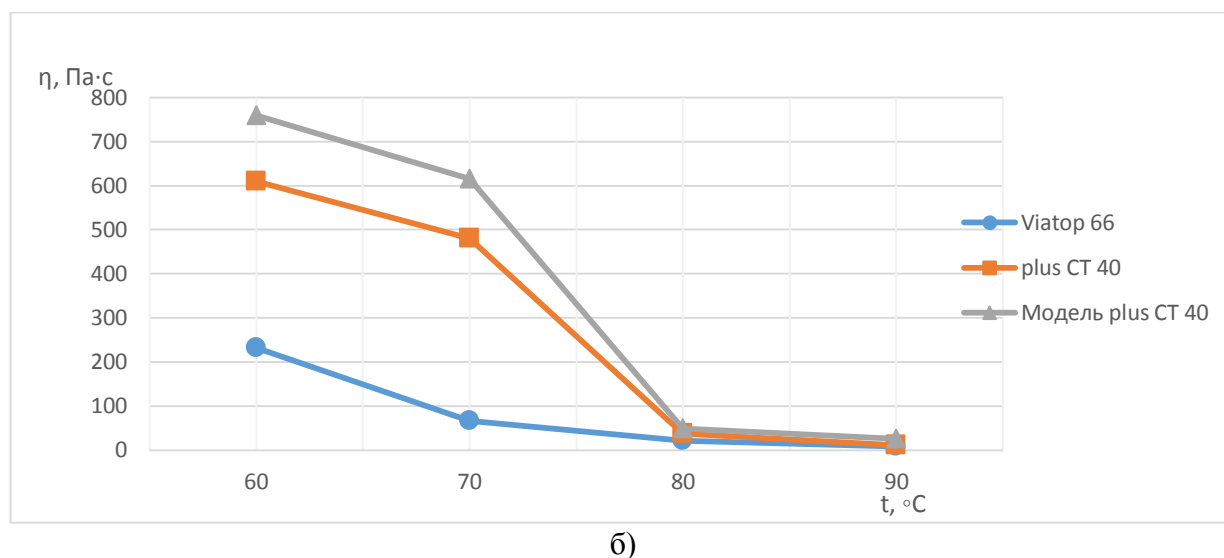


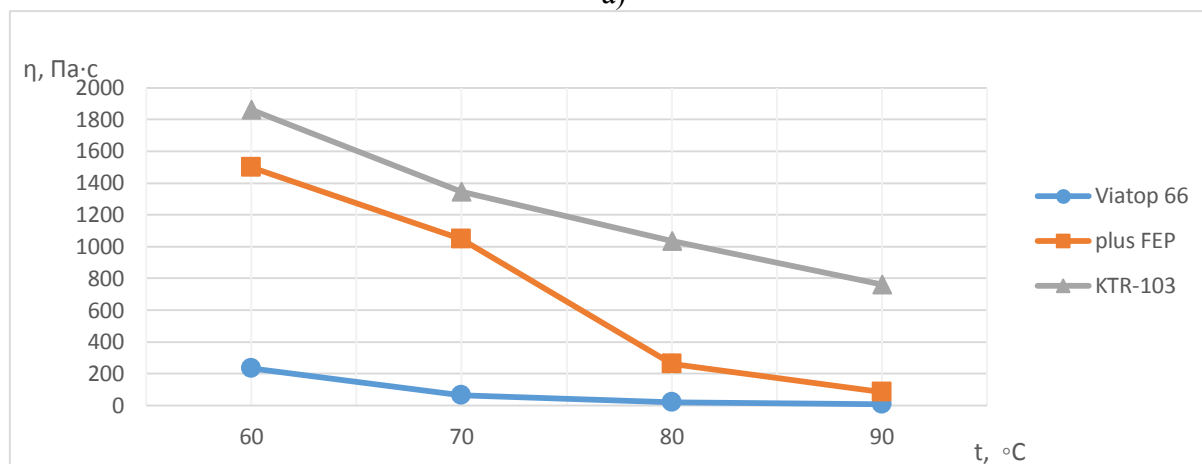
Рисунок 1 – Зависимость динамической вязкости η дорожного битума БНД 60/90 с добавками Viator 66, plus CT40 и модели plus CT40 от температуры а) в интервале от 60 до 90 °C, б) в интервале от 100 до 170°C

Примечание: величины динамической вязкости η приняты по среднему значению.

На рисунке 2 приведена зависимость динамической вязкости битума с добавками Viator 66, Viator plus CT 40 и модели Viator plus CT 40 от температуры испытания. В интервале температур от 170 до 120°C значения динамической вязкости примерно одинаковы. При температурах 100 и 110°C выше вязкость у модели Viator plus CT 40, промежуточная вязкость у битума с Viator 66 и самая

низкая вязкость у битума с Viator plus CT 40. В интервале температур от 90 до 60°C самая низкая вязкость у битума с Viator 66, самая высокая у модели Viator plus CT 40, а при 60 и 70°C вязкость битума с добавками Viator plus CT 40 и модели существенно выше чем у битума с добавкой Viator 66.

а)



б)

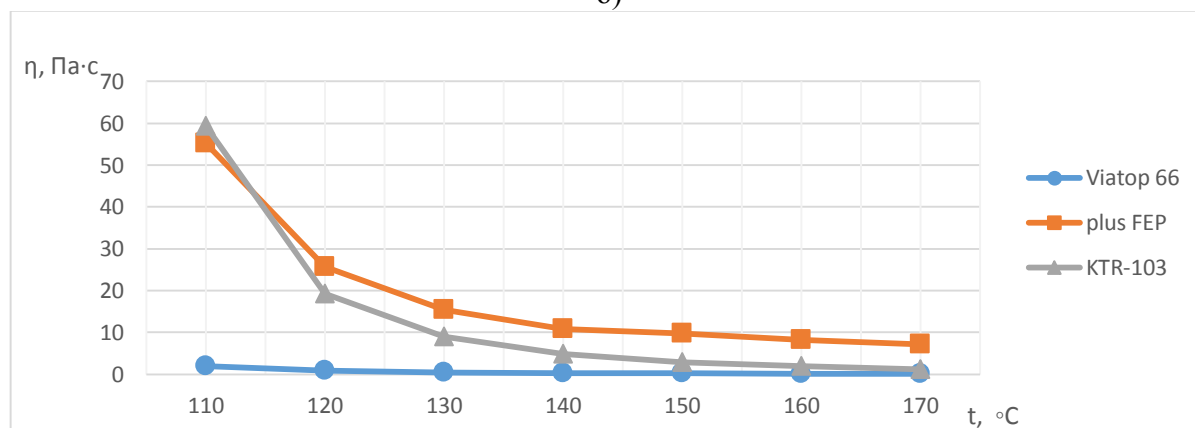


Рисунок 2 – Зависимость динамической вязкости η дорожного битума БНД 60/90 с добавками Viator 66, plus FEP и KTR-103 от температуры а) в интервале от 60 до 100 °C, б) в интервале от 110 до 170°C

Примечание: величины динамической вязкости η приняты по среднему значению.

На рисунке 3 приведена зависимость динамической вязкости битума с добавками Viator 66, Viator plus FEP и для сравнения с полимерной добавкой KTR-103 от температуры испытания. В интервале температур от 170 до 130°C различие в значениях динамической вязкости битума с разными добавками незначительно, однако выше во всех случаях у битума с добавкой Viator plus FEP. В интервале от 120 до 80°C разница между динамической вязкостью битума с Viator 66 и вязкостью битума с двумя другими добавками значительно увеличивается и при 110°C выше примерно в 30 раз. Начиная со 110°C и до 60°C вязкость битума с добавкой KTR-103 становится больше, чем с добавкой Viator plus FEP, а значение динамической вязкости битума с Viator 66 при 60°C меньше в 8 раз чем у битума с KTR-103 и в 6,5 раз меньше чем у битума с Viator plus FEP.

а)

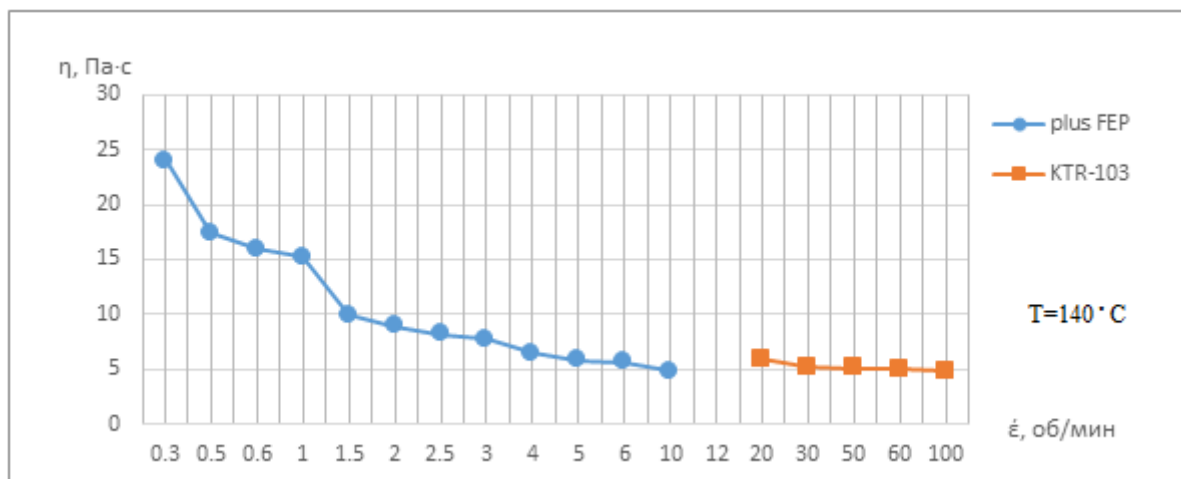
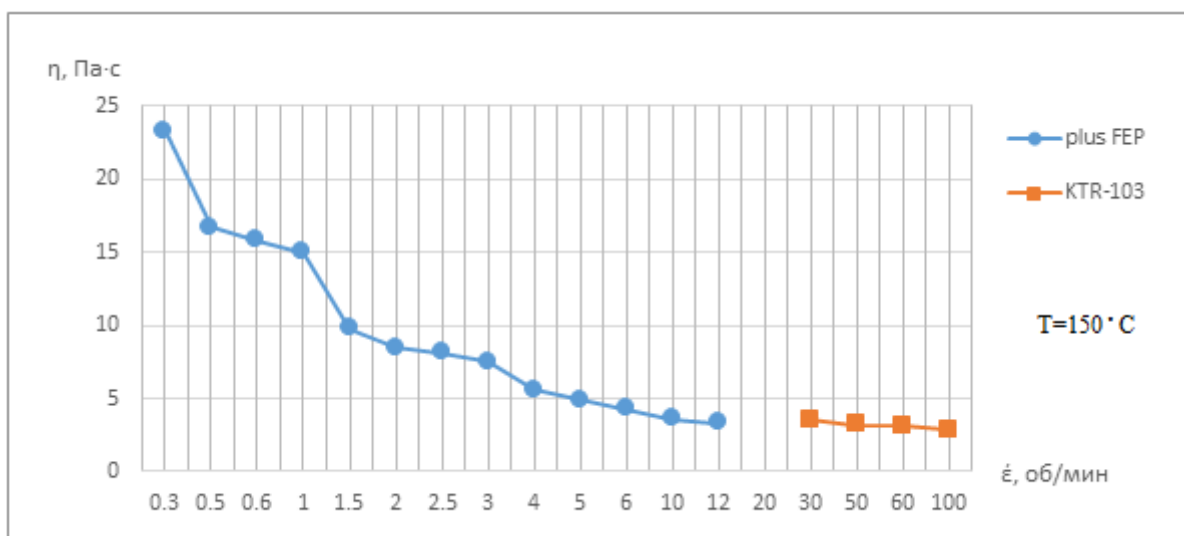


Рисунок 3а – Зависимость динамической вязкости дорожного битума БНД 60/90 с добавками plus FEP и KTR-103 от скорости сдвига $\dot{\epsilon}$ при температуре 140°C .

б)



в)

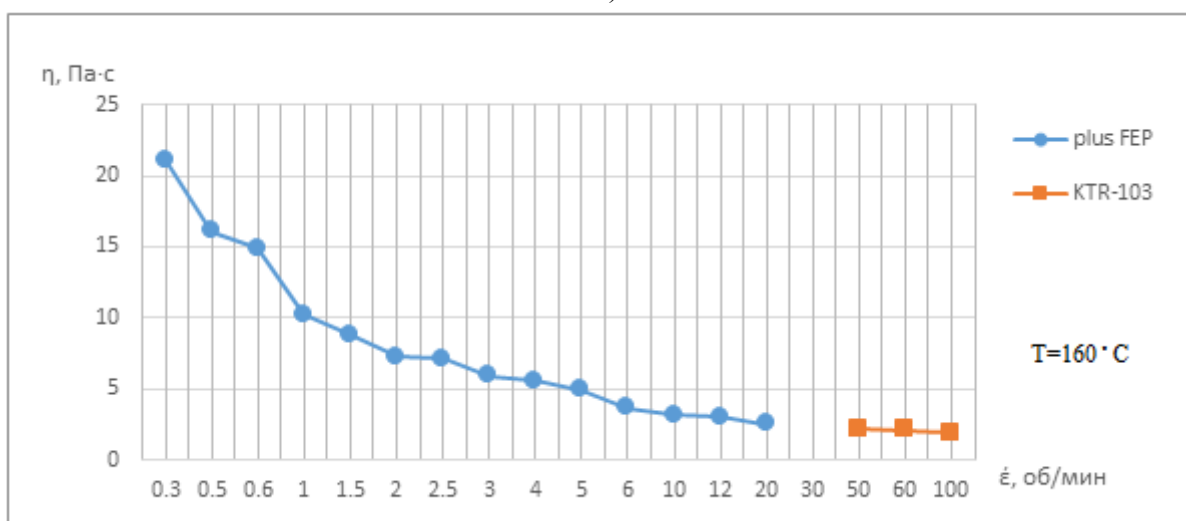


Рисунок 3 б,в – Зависимость динамической вязкости дорожного битума БНД 60/90 с добавками plus FEP и KTR-103 от скорости сдвига $\dot{\epsilon}$ при температурах 150 и 160°C соответственно.

Представляет интерес зависимость динамической вязкости битума с добавками Viator plus FER и KTR-103 от скорости сдвига при разных температурах испытания (рисунок 3). При температурах от 170 до 130 °С в битуме с Viator plus FER сдвиговое деформирование позволяет разрушать возникшую в битуме структуру, что при уплотнении в асфальтобетонной смеси битум с подобной добавкой придаст смеси повышенную деформативность и уплотняемость. А более низкая вязкость битума с добавкой Viator plus FER при температурах от 100 до 80°С по сравнению с битумом с добавкой KTR-103 повысит трещиностойкость в асфальтобетоне по сравнению с битумом с добавкой термоэластопласта KTR-103.

Заключение

Проведенные ранее реологические исследования [2-5], а также особенности структуры и поведения полимеров [6-7], позволяют сделать следующие выводы:

1. Введение в дорожный битум 5% добавки Viator 66 или 3,3% целлюлозного волокна приводит к возрастанию при температурах от 90 до 60°С динамической вязкости на 23-25%, т.е. при высокой температуре волокна не препятствуют деформированию, а при температуре конечного этапа уплотнения ЩМАС наличие вторичной структуры в битуме приводит к увеличению динамической вязкости.

2. При введении в дорожный битум добавки с воском Фишера-Тропша Viator plus CT40 или ее модели plus CT40 реологические сопротивления при приготовлении ЩМАС не увеличиваются, а существенное увеличение вязкости на окончательном этапе уплотнения (60-80°С) компенсируется повышенной уплотняемостью за счет более компактной и круглой формы кристаллов.

3. Введение в дорожный битум добавки с целлюлозными волокнами и эластомерным компонентом Viator plus FER приводит к существенному увеличению вязкости неразрушенной структуры при температурах 170-130 °С, которая при сдвиговом деформировании разрушается и приводит к существенному снижению вязкости битума, что позволяет назначить температуру приготовления ЩМАС не более 170 °С. Разрушение структуры битума с эластомерным компонентом FER при температурах уплотнения, а также меньшая динамическая вязкость битума с добавкой Viator plus FER по сравнению с битумом с добавкой KTR 103 при температурах 110-70 °С свидетельствует о хорошей деформативности и удобоукладываемости ЩМАС с добавкой Viator plus FER.

Список литературы

1. Соломенцев А.Б. Оценка эффективности полимерных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей по битумоемкости в асфальтовяжущем [Текст]/А.Б. Соломенцев, С.Л. Ревякин, И.А. Баранов, А.С. Бобков, Г.А. Савкин // Международный научно-исследовательский журнал, 2017. - №1. – Часть 4. – С. 127-131.

2. Соломенцев А.Б. Реологические свойства дорожного битума с адгезионными добавками на основе азотсодержащих катионных ПАВ [Текст]/ А.Б. Соломенцев, Л.С. Мосюра // Строительство и реконструкция, 2015. - №6. – С. 120-127.
3. Соломенцев А.Б. Сравнительная оценка некоторых свойств дорожного битума с различными полимерными добавками и асфальто вяжущего на его основе [Текст]/ А.Б. Соломенцев, А.В. Куликова, С.В. Бухтияров // Строительство и реконструкция, 2014. - №2. – С. 68-78.
4. Соломенцев А.Б. Особенности реологического поведения дорожного битума с добавками для теплого асфальтобетона российского производства [Текст]/ А.Б. Соломенцев, А.В. Куликова // Четвёртый Всероссийский Дорожный Конгресс «Перспективные технологии в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог»: сб. науч. тр. – М.: МАДИ, 2015. – С. 187-195.
5. Соломенцев А.Б. Реологическая чувствительность дорожного битума к полимерным добавкам и допустимые технологические температуры асфальтобетонных смесей / А.Б. Соломенцев, С.Л. Ревякин, Д.А. Оноприйчук // Строительство и реконструкция, 2017. - №6. – С. 128-140.
6. Золотаров В.А. Битумы, модифицированные полимерами и добавками. Избранные труды, Т.2 [Текст]/ В.А. Золотарёв. – Санкт-Петербург: Славутин, 2013. – С. 149-150.
7. Браун Юрген Присадки [Текст]/ Юрген Браун // Смазки. Производство, применение, свойства. Справочник / Т. Манг, У. Дрезель. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. – Гл.6. – С. 136-168.

РАЗРАБОТКА ПРЕСС-ФОРМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПУСТОТЕЛЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Курочкин Н.М.
(СибГИУ, г. Новокузнецк, РФ)

Представлена конструкция лабораторной пресс-формы для изготовления пустотелых керамических образцов методом компрессионного формования концентрированных пресс-масс. Приведены результаты исследований гранулометрического, химического, минерального составов и технологических свойств отходов обогащения углистых аргиллитов и глинистого сырья. На примере техногенного и природного сырья описана технология изготовления пустотелых керамических образцов-цилиндров на основе углеотходов.

Введение. В современных условиях для производства строительной керамики актуально использование новых видов сырья. Возможно применение пылеватых малопластичных суглинков и минеральных промышленных отходов [1-3]. Одним из перспективных видов техногенного керамического сырья являются отходы обогащения угля и углистых аргиллитов [4]. В соответствии с ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» углеотходы,

наряду с золой, официально причислены к «новым» разновидностям керамического сырья. Однако в современной России практически нет действующих керамических предприятий, работающих на этих отходах.

Для выпуска качественной строительной керамики из углеотходов разработана технология формирования матричной структуры изделий [5]. Технология основана на компрессионном формовании покрытых оболочкой гранул из измельченных отходов. Важным этапом здесь является прессование сырца без трещин расслаивания и избыточного прессового давления. При этом необходимо определить оптимальные технологические параметры и режимы прессования, обеспечивающие получение бездефектных изделий. Для полного выгорания остаточного углерода при обжиге образцов из углеотходов необходимо использовать лабораторное оборудование, обеспечивающее получение тонкостенных изделий. Керамическая практика и многолетние исследования показывают, что толщина стенки, при которой обеспечивается свободный доступ воздуха внутрь образцов и выгорание углистых частиц, должна быть не более 20-25 мм. Вместе с тем получение сопоставимых результатов с испытаниями заводского кирпича (250 120 65 мм) при использовании коэффициента пересчета 0,6-0,65 достигается на лабораторных образцах с размерами не менее 50-60 мм в поперечном сечении и по высоте.

Исследование проводилось на примере отходов обогащения углистых аргиллитов и умереннопластичных суглинков. Углеотходы представляют собой не размокающий в воде камнеподобный глинистый материал. В естественных условиях они пластичностью не обладают и не используются в классической технологии пластического формования керамических изделий.

Цель работы заключалась в разработке лабораторной пресс-формы для прессования пустотелых образцов и изготовлении многослойных керамических образцов из углеотходов и глинистого сырья.

Пресс-форма для изготовления пустотелых керамических образцов. Для изготовления керамических изделий из углеотходов была разработана специальная пресс-форма (рисунок 1, а). Конструкция пресс-формы обеспечивает прессование пустотелых образцов диаметром 60 мм, высотой 60-65 мм и толщиной стенки 21 мм.

Особенностью конструкции пресс-формы является цилиндрический полый пуансон (рисунок 1, б). При вертикальном перемещении по матрице в него входит цилиндрический шток нижней плиты основания пресс-формы. Это обеспечивает сжатие пресс-порошка и образование прессовки цилиндрической формы с внутренним сквозным отверстием диаметром 18 мм.



Рисунок 1 – Пресс-форма для прессования пустотелых керамических образцов в собранном виде (а) и основные элементы пресс-формы (б):
1 – цилиндрическая матрица; 2 – полый пуансон; 3 – шайба основания для съема образца; 4 – плита-основание матрицы со штоком

Экспериментальные исследования. Изготовление пустотелых керамических образцов проводилось на примере использования двух видов сырья: глинистых пород Западной Сибири (суглинок) и отходов углеобогащения (углистые аргиллиты).

Углеотходы представлены в основном аргиллитами, алевролитами, углистыми аргиллитами и сланцами (Коркинский бурогольный разрез, Челябинская область). Они состоят из смеси минеральных частиц с угольной дисперсной массой. Минеральный состав аргиллитов представлен кварцем, каолинитом, сидеритом, мусковитом, присутствуют доломит, гематит и полевой шпат. Содержание свободного кварца составляет 50-53 %. По химическому составу углистые аргиллиты относятся к группе полуокислого сырья с высоким содержанием красящих оксидов (таблица 1).

По гранулометрическому составу углистые аргиллиты относятся к грубодисперсному сырью с преобладанием песчаной фракции (таблица 2); по пластичности – малопластичные (число пластичности $\approx 6,0$); по сушильным свойствам – малочувствительные к сушке; по степени спекаемости – неспекающееся сырье.

Таблица 1 – Химический состав сырьевых материалов

Наименование сырья	Массовая доля компонентов на высушенное вещество, %								
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	nnn^*
Углистые аргиллиты	41-47	15-18	1-1,5	9-11	0-0,5	2,5-3	3-3,5	2-2,5	5-7
Суглинок	62-68	12-16	0,7-0,9	4,5-6	4-7,5	1,2-2	1-1,5	1,5-2,0	5-9

* nnn – потери при прокаливании

Таблица 2 – Гранулометрический состав сырьевых материалов

Наименование сырья	Содержание фракций в %, размер частиц в мм				
	более 0,063	0,063-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	менее 0,001
Углистые аргиллиты	55,2-58,8	8,2-10,1	7,9-8,6	11,0-12,4	10,4-12,1
Суглинок	0,9-1,2	2,6-35,8	14,1-62,2	4,2-22,6	18,8-28,2

Для глинистых пород Западной Сибири характерны умеренно пластичные пылеватые суглинки. Из глинистых минералов преобладают слоистые силикаты группы иллита. В работе для формирования матричного слоя использовался новокузнецкий суглинок. По химическому составу суглинок относится к полукислому сырью (таблица 1); по гранулометрическому составу – к низкодисперсному сырью с низким содержанием крупных и средних включений (таблица 2). По технологическим свойствам суглинок является умереннопластичным, легкоплавким сырьем низкотемпературного спекания. По минералогическому составу суглинок соответствует группе полиминеральных глин каолинит-монтмориллонит-гидрослюдистого типа.

На первом этапе для изготовления пустотелых керамических образцов осуществлялась массоподготовка пресс-порошков. Сырьевые материалы сушились в сушильном шкафу до остаточной влажности 2-3 %. Высушенное сырье измельчалось на лабораторных бегунах до прохождения через сито 0,63. При этом дополнительно происходила механоактивация сырья. Апробация пресс-формы проводилась на модельных многослойных образцах [6]. Высушенные и измельченные углистые аргиллиты, суглинок и их смеси увлажнялись из расчета 8-10 %. Для выравнивания влажности после добавления воды материалы перетирались через проволочное сито с размером ячейки не более 1,25 мм.

Приготовление многослойных образцов имеет свои особенности [6]. Необходимо получать одинаковую влажность всех слоев для обеспечения максимально одинаковых условий прессования материала и исключения явлений перепрессовки. Поэтому выполнялось точное дозирование пресс-порошка каждого слоя по объему. Проводился контроль влажности пресс-масс каждого слоя. Для этого измельченные сырьевые компоненты высушивались до постоянной массы. Рассчитывалось точное количество воды для приготовленных составов шихт. Для выравнивания влажности пресс-порошки разных составов одновременно выдерживались не менее 5-6 часов в эксикаторе. Фактическая влажность пресс-порошка разных составов составляла 9-9,5 %.

На втором этапе проводилось прессование сырца. Прессование пустотелых многослойных образцов осуществлялось на лабораторном гидравлическом прессе при давлении 15-16 МПа. Режим прессования двухступенчатый с односторонним приложением нагрузки. С учетом рекомендаций, принятых в лабораторной практике прессования, соотношение скорости приложения нагрузки на первой и второй ступени составляло 1:4. В середине интервала прессового давления осуществлялась изобарическая выдержка в течение 10-15 секунд. Указанные параметры и режимы были направлены на уменьшение запрессовки воздуха в сырец и исключение расслаивания образцов.

На третьем этапе проводились сушка и обжиг сырца. Образцы высушивались в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. Сухие образцы обжигались по четырехступенчатому режиму в лабораторной муфельной печи. Максимальная температура обжига 950-980 °С, изотермическая выдержка 1 час. Для лучшего доступа кислорода и выгорания остаточного углерода из углистых аргиллитов предусматривалась принудительная подача воздуха в обжиговую камеру печи. Внешний вид и сечение многослойных пустотелых образцов представлены на рисунке 2.

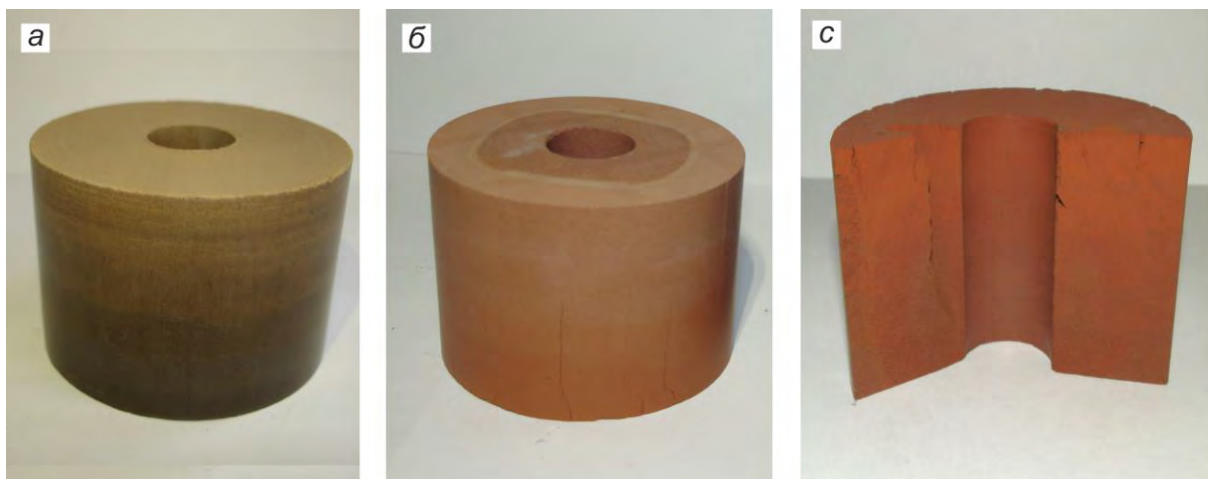


Рисунок 2 – Многослойные пустотелые образцы-цилиндры из углистых аргиллитов, су-глинка и их смесей: а – высушенный сырец; б – образец, обожженный при температуре 950 °С; с – вертикальное сечение образца

При обжиге модельного керамического образца из углеотходов, глины и их смесей происходит выгорание углерода. Для его окисления необходим кислород, поступающий в процессе воздухообмена между образцом и газовой средой печи. Естественным образом O_2 поступает за счет диффузии воздуха через пористо-капиллярную систему образца. В массивном (полнотелом) образце окисление C при обжиге происходит только в поверхностной зоне (толщиной 8-10 мм). По мере приближения к его центру доступ кислорода прекращается. В отсутствие кислорода C перестает окисляться, выделять теплоту при сгорании и начинает участвовать в восстановительных реакциях. Гематит восстанавливается в закисную форму (FeO). Вследствие этого внутри образца формируется так называемая «темная зона», образуются высокотемпературные эвтектики и, как правило, возникают явления вспучивания и пережога.

Отформованные пустотелые образцы с толщиной стенки 21 мм по всему сечению имеют кирпично-красный цвет, свидетельствующий о полном выгорании углерода при обжиге сырца (рисунок 2, с).

Заключение. В результате лабораторных исследований установлено, что разработанная пресс-форма для пустотелых керамических образцов обеспечивает свободный доступ газовой среды и полное выгорание дисперсных углистых частиц. В ходе экспериментальных работ на лабораторном прессе были отпрессованы несколько сотен пустотелых образцов из различного керамического сырья. Проведенные исследования показали надежность разработанной конструкции пресс-формы.

В технологии керамического кирпича из углеотходов следует предусматривать окислительную газовую среду при обжиге и изготовление пустотелых изделий с толщиной стенки не более 18-25 мм.

Благодарности. Исследования проведены в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет при поддержке стипендии Президента России, исследовательский проект SP-4752.2018.1.

Список литературы

1. Верещагин В.И. Использование природного и техногенного сырья Сибирского региона в производстве строительной керамики и теплоизоляционных материалов [Текст] / В.И. Верещагин, В.М. Погребенков, Т.В. Вакалова // Строительные материалы. – 2004. – № 7. – С. 28-31.
2. Котляр В.Д. Основные тенденции и перспективные виды сырья при производстве керамической черепицы [Текст] / В.Д. Котляр, К.А. Лапунова, Я.В. Лазарева, И.М. Усепян // Строительные материалы. – 2015. – № 12. – С. 28-31.
3. Гурьева В.А. Магнезиальное техногенное сырье в производстве строительных керамических материалов [Текст] / В.А. Гурьева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 45-48.
4. Абдрахимова Е.С. К вопросу об экономической и экологической целесообразности использования отходов углеобогащения углистых аргиллитов в производстве теплоизоляционных материалов на основе межсланцевой глины [Текст] / Е.С. Абдрахимова, В.З. Абдрахимов // Экологические системы и приборы. – 2014. – №1. – С. 35-42.
5. Столбоушкин А.Ю. Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья [Текст] / А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Бердов, В.И. Верещагин, О.А. Фомина // Строительные материалы. – 2016. – № 8. – С. 19-23.
6. Столбоушкин А.Ю. Моделирование переходного слоя в грубокерамических матричных композитах на основе углеотходов [Текст] / А.Ю. Столбоушкин, В.А. Сыромясов, О.А. Фомина, А.И. Иванов // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2018. – №4. – С. 515-521.

УДК 624.07.6

**К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО
ЛЕГКОГО БЕТОНА С УЛУЧШЕННЫМИ СТРУКТУРНО-
МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

Трофимов В.И., Куляев П.В., Цыбина Р.З. (ТвГТУ, г. Тверь, РФ)

Повышение прочности и долговечности легкого бетона связано с вопросом модификации структурообразования на разных стадиях твердения, с использованием механохимической и/или физической активации. Продуктивным и широко применимым способом модифицирования свойств легкого бетона на разных стадиях его твердения оказывается ультразвуковая обработка.

Изделия из легкого бетона находят все более широкое применение в строительной практике. При этом важным вопросом в технологии легких бетонов является вопрос повышения их структурной прочности.

В современной отрасли строительной индустрии все шире применяется фундаментальная технология наноструктурирования.

Наномодифицирование может выполняться различными способами: химическим – использованием особенностей реакционной способности отдельных элементов, механическим – использованием виброобработки, ультразвуковой обработки и электромагнитным – омагничиванием, обработкой электроразрядом и др.

В настоящее время технология изготовления строительных материалов все шире включает в себя ультразвуковую обработку (УЗО). Она является эффективным методом воздействия на формовочные массы, активизируя процессы формирования структуры и изменяя необходимые свойства [1,2].

Ультразвуковая обработка бетона может быть выполнена на различных стадиях технологического процесса: на стадии приготовления смеси, на стадии формирования и на стадии твердения бетона.

В работе [3] приведены результаты исследования по установлению рациональных параметров УЗО для улучшения физико-механических свойств тяжелого бетона. Было установлено, что кубиковая прочность обработанных образцов на стадии твердения в 1,5 раза выше, чем у необработанных после стандартной выдержки в 28 суток. Однако эффект дополнительного упрочнения проявлялся в основном в поверхностных слоях, при этом с повышением водоцементного отношения глубина проработки значительно возрастала.

Процесс распространения ультразвуковых волн в текучих средах связан с явлением кавитации – процессом образования полостей (пузырьков) в жидкости с последующим их схлопыванием, что сопровождается интенсивными гидравлическими ударами [4,5]. Вблизи схлопывающегося пузырька в жидкости могут возникать давления в несколько десятков тысяч атмосфер. Это может привести к разрыву химических связей и ионизации молекул газа. При увеличении вязкости жидкости возрастает ее прочность, что объясняется повышением интенсивности задаваемых ультразвуковых волн, которая обуславливает появление кавитационных пузырьков. Так для водопроводной воды минимальное значение интенсивности звука (частота 15 кГц), необходимой для возбуждения кавитации, равно 0,16-2 Вт/см². При этом процесс развития кавитации можно усилить введением различных веществ. Ряд исследователей считают, что в процессе развития кавитации разрушается жидкостная сетка и разрушаются химические связи молекулярных структур, участвующих в образовании этой сетки.

Так как эффект кавитации связан с образованием пузырьков, то интересным является вопрос выяснения особенности проявления кавитации в ячеистых смесях - газобетоне и пенобетоне, объем пор (пузырьков) в которых может достигать 90%. При этом надо учесть неоднородность распределения и размеров пузырьков в газобетоне и пенобетоне.

Учитывая важность вопроса для современного строительства – необходимость повышения эффективности технологии изготовления бетонных изделий из легкого бетона, на кафедре ПСК ТвГТУ были выполнены исследования по оценке влияния фактора ультразвуковой обработки на структурно-механические

свойства неавтоклавнога газобетона. В нашем случае виброобработка осуществлялась на стадии приготовления смеси.

Для исследований готовилась газобетонная смесь, включающая портландцемент, кварцевый песок средней крупности, алюминиевая пудра, известь. После перемешивания и вспучивания через определенное время выполнялась ультразвуковая обработка. Для этого использовался ультразвуковой прибор «Ретона» с частотой задаваемых колебаний 130 кГц.

Из приготовленной смеси формовались кубики стандартного размера 100 × 100 × 100 мм на виброплощадке с маятниковой подвеской. Твердение образцов осуществлялось в естественных условиях.

Полученные результаты исследования влияния виброобработки на структурную прочность газобетона представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний.

Использование ультразвука	Средняя плотность ρ , кг/м ³	Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	Коэффициент конструктивного качества $KKK \cdot 10^{-3}$
Без обработки	1300	2,7	0,21
С обработкой	1500	4,1	0,27

Как видно из таблицы, используя показатель конструктивного качества, прочность бетонных кубиков, обработанных ультразвуком оказалось на 23% выше бетонных кубиков, не обработанных ультразвуком. Такой существенный рост прочности бетона можно объяснить структурными изменениями, в частности, за счет активации цементного теста и за счет дополнительного структурного упрочнения в процессе непрерывного формирования микрообластей повышенного давления – кавитации от виброколебаний и объемного обжатия пузырьками окружающей структуры. Хотя при этом и происходит незначительное повышение плотности системы, эффект от ультразвуковой обработки бетонной смеси на лицо. Из приведенного следует, что, при прочих равных условиях, прочность цементного камня зависит от степени плотности его структуры, критериями которой служат пористость цементного камня и дисперсность цемента.

В заключение можно сказать, что, чтобы выявить максимальный эффект от использования УЗО в технологии изготовления легкобетонных изделий, целесообразно оценить его комплексное влияние на всех стадиях технологического процесса: на стадии приготовления смеси, на стадии формования и на стадии твердения бетона. В отличие от вибрирования ультразвуковое воздействие на цементное тесто характеризуется сложными явлениями, которые пока еще слабо изучены. Все возрастающий интерес к ультразвуковой вибрационной обработке бетонной смеси требует подробного рассмотрения ряда вопросов. Ультразвук может быть использован при углубленном изучении процессов, происходящих при вибрационном воздействии на бетонную смесь, формировании структуры и твердении цементного камня, а также, при анализе причин, вызывающих коагуляционное уплотнение цементного теста в акустическом поле и др.

Описанные явления, вызывающие изменение физико-механических свойств твердеющего цементного камня, могут быть в дальнейшем использованы при изучении его структуры в зависимости от степени дисперсности системы, состоящей из цементных частиц и частиц нано- и микронаполнителя, и их комбинации с супер- и гиперпластификаторами, концентрации в цементной суспензии, и влияние комплексных добавок на эффективность модификации ультразвуковой обработкой твердеющего бетона.

Помимо изучения непосредственного влияния ультразвука на цементное тесто, интерес представляют исследования оборудования, позволяющего осуществлять непрерывную обработку цементного теста в стационарном акустическом поле, надлежаще учитывающие степень тиксотропии, характеризующей ультразвуковое разжижение цементного теста.

Данные исследования являются перспективными и весьма актуальными для современной строительной индустрии, особенно в области технологии легких ячеистых пено- и газобетонов.

Литература

1. Шахов, С.А. Физико-химические основы создания приборов для определения реологических характеристик формовочных масс, активированных ультразвуком / С.А. Шахов, Т.Л. Рудая, Н.С. Ключникова // Международный сборник научных трудов: Проблемы качества строительных материалов и СМК предприятий. – Новосибирск: НГАУ, 2011. – С. 153-157.
2. Круглицкий, Н.Н. Ультразвуковая обработка дисперсных глинистых материалов / Н.Н. Круглицкий, С.П. Ничипоренко, В.В. Симуров, В.В. Минченко. – Киев: Наукова думка, 1997. – 200с.
3. Абрамов, Л.М. Исследование влияния обработки ультразвуком сверхвысоких частот на структуру и прочность бетона / Л.М. Абрамов, Р.З. Цыбина // Вестник ТГТУ № 13, 2008. – 346-348.
4. Эльпинер, И.Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие / И.Е. Эльпинер. – М.: Физматгиз, 1963. – 420с.
5. Балдев Радж, Раджендран В., Паланичами П. Применение ультразвука. М.. Техносфера, 2006. – 365с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ БИОСИЛИФИЦИРОВАННЫХ НАНОТРУБОК

Устинов А.Г., Лукутцова Н.П., Головин С.Н., Тугай Т.С., Черенкова Ю.С.
(БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Рассмотрено регулирование физико-механических свойств мелкозернистых бетонов с наномодифицирующей добавкой на основе биосилифицированных нанотрубок (БСТ) с различными сроками культивирования кремнезёмистого чехла и сроками ее хранения.

Использование микро- и нанодисперсных добавок как модификаторов структуры строительных композитов позволит получить экологически безопасные строительные материалы нового поколения с повышенными конструктивными и технико-эксплуатационными характеристиками за счёт более эффективного управления процессами структурообразования на наноуровне [1-11].

Сегодня в производстве высокопрочных цементных бетонов применяются алюмосиликатные нанодобавки [12-17], сырьевыми источниками для получения которых выступают, главным образом, глины и продукты их обработки, добавки на основе диоксида титана [18,19], шунгита [20-22], золя кремниевой кислоты [23], солей железа [24-26], галлуазита [27,28], серпентинита [29], углерода [30] и др.

Однако применение углеродных нанотрубок в структуре цементных систем, не позволяет добиться высоких физико-технических свойств бетонов. Это связано с целым рядом проблем, которые возникают при использовании углеродных модификаторов. Их трудно распределить в объеме бетонной или растворной смеси при содержании сотых долей процента. Они плохо смачиваются водой и требуют специальной подготовки при использовании в составе бетонов и растворов.

Поэтому более перспективными во всех отношениях для использования в составе силикатных материалов являются нанотрубки из кремнезема.

Целью работы является исследование физико-механических свойств мелкозернистых бетонов наномодифицирующими добавками на основе биосилифицированных нанотрубок.

Ранее выполненные исследования авторов показали возможность синтеза биосилифицированных нанотрубок (БСТ) в условиях *in vitro* из цианобактерий рифтовой зоны озера Байкал [31, 32].

Биосилифицированные нанотрубки образуются в процессе жизнедеятельности цианобактерий, способных к фотосинтезу. Цианобактерии поглощают амфорный кремнезём из водной среды, в которой они находятся и осаждают его на свою поверхность отдельными сферами. В результате образуются вытянутые «чехлы» полые внутри, состоящие из диоксида кремния аморфной модификации.

Размеры таких чехлов (трубок) находятся в пределах 100-6000 нм в диаметре и 500-10000 нм в длину. Изменяя количество находящегося в водной питательной среде кремнезёма и время культивирования цианобактерий возможно получать биосилифицированные нанотрубки различной толщины, длины и диаметра в условиях *in vitro* [33].

Элементный химический состав биосилифицированных нанотрубок следующий, %: Si -46,66, O - 44,15, C- 6,77, Na -1,13, Mg -0,74, P-0,55.

Методом сканирующей электронной микроскопии установлено, что под воздействием синтетической питательной среды происходит постепенное окремнение цианобактерий. Уже в первые дни экспозиции у трубчатых образований отчётливо различимы устье и кремнеземистый чехол (рисунок 1).

Формирование биосилифицированных нанотрубок с вкраплениями остатков органических веществ (в основном цианофицинового крахмала) и неорганических солей из синтетической питательной среды в условиях *in vitro*, так же как и в природных условиях, протекает в следующей последовательности: цианобактерии извлекают аморфный кремнезём из раствора и откладывают его вокруг своих нитей, уплотняют и утолщают чехлы или формируют их из наносферы.

Наиболее существенный рост культуры, увеличение массы и размеров биосилифицированных нанотрубок зафиксировано при синтезе с повышенным содержанием нитрата натрия NaNO_3 и хлорида аммония NH_4Cl в синтетической питательной среде.

Технология получения нанодисперсной добавки биосилифицированных нанотрубок включает следующие этапы: первичное измельчение, добавление стабилизатора и обработку водного раствора ультразвуком [34].

Ультразвуковое диспергирование, разрушает первичную спутанную структуру окремневших минерализованных клеток, и приводит к образованию отдельных, микро- и наноразмерных трубок. Использование стабилизатора нафталин-формальдегидного типа препятствует агрегации частиц.

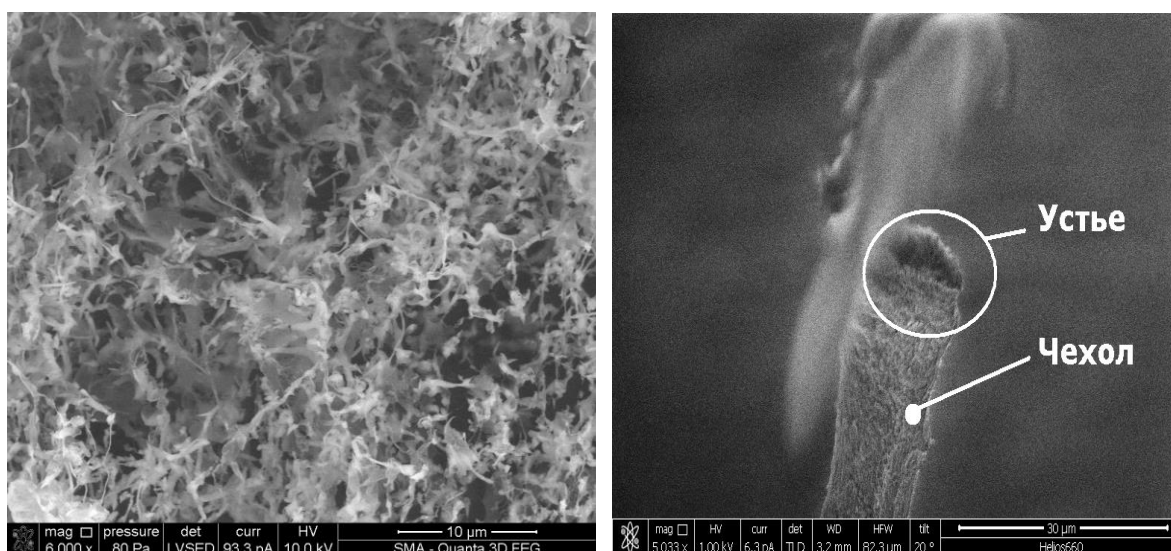


Рисунок 1– Биосилифицированные нанотрубки в возрасте 45 суток:

- а) переплетенные трубчатые образования б) отдельное трубчатое пустотелое образование с внутренним диаметром 53,14 нм

Для установления влияния добавки биосилифицированных нанотрубок на свойства цементного камня и МЗБ изготавливали образцы размерами $2 \times 2 \times 2$ см, а мелкозернистого бетона – образцы-кубы размером $7 \times 7 \times 7$ см и образцы-балочки $4 \times 4 \times 16$ см. Образцы твердели в пропарочной камере.

В работе применялись цементы следующих марок: ЦЕМ I 42,5 Н ОАО «Белорусский цементный завод» и СЕМ I 52,5 N/R, белый, (Cimsa, Турция) с активностью 39,4 и 38,2 МПа соответственно. В качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок (г. Брянск) с модулем крупности 1,35.

В ходе исследований изучались зависимости прочности цементного камня от толщины кремнезёмистого чехла (трубки) при различных режимах культивирования (от 14 до 28 суток) и сроках хранения добавки с момента ультразвукового диспергирования. Результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2.

Установлено, что использование добавки БСТ в количестве 0,05% от массы цемента ЦЕМ I 42,5 в пересчете на сухое вещество улучшает физико-механические характеристики, как цементного камня, так и МЗБ. Прочность при сжатии возрастает 1, 2 раза от 39,4 до 47,3 МПа (14 суток культивирования) для цементного камня и в 1,7 раза от 15,0 до 25,8 МПа для МЗБ. Прочность на изгиб увеличивается в 1,6 раза от 4,6 до 7,2 МПа. Водопоглощение снижается в 2,2 раза от 11,9 до 5,3%.

Исследования показали, что увеличение возраста хранения добавки БСТ более 14 суток неэффективно, так как снижаются физико-механические показатели цементного камня по сравнению с контрольным составом, что связано с агрегацией БСТ и седиментацией дисперсионной фазы.

Увеличение режима культивирования БСТ до 30 суток приводит к возрастанию прочности при сжатии цементного камня в большей степени, чем МЗБ. Вероятно, это связано с армирующим действием биосилифицированных нанотрубок, роль которых, как микрообъектов, в составе цементной матрицы более значима, чем в составе мелкозернистого бетона.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики цементного камня и МЗБ на ЦЕМ I 42,5

№	Возраст добавка (0,05% от массы цемента)	Цементный камень через 28 суток твердения		Мелкозернистый бетон через 28 суток твердения			
		Средняя плотность, кг/м ³	R _c , МПа	Средняя плотность, кг/м ³	R _c , МПа,	R _{из} , МПа,	Водопоглощение W, %
1	Без добавки	1875	39,4	1632,8	15,0	4,6	11,9
2	Возраст добавки 1 сутки Время культивирования БСТ -14 суток	2332	47,3	1946,6	25,8	7,2	5,3
3	Возраст добавки 14 суток Время культивирования БСТ – 14 суток	1835	39,0	1797,9	17,5	5,2	12,9
4	Возраст добавки 1 сутки Время культивирования БСТ – 28 суток	2486	57,1	1883,8	16,9	5,6	5,1

Результаты, полученные для цементного камня и МЗБ на цементе ЦЕМ I 42,5, согласуются с данными полученными для цемента ЦЕМ I 52,5 CИMSA (таблица 2).

Таблица 2 - Физико-механические характеристики цементного камня и МЗБ на ЦЕМ I 52,5 CИMSA

№	Возраст добавка в (5% водного раствора от массы цемента)	Цементный камень че- рез 28 суток твердения		Мелкозернистый бетон через 28 суток твердения			
		Средняя плотность, кг/м ³	R _c , МПа	Средняя плотность, кг/м ³	R _c , МПа,	R _{из} , МПа,	Водопо- глощение, W, %
1	Без добавки	1754	38,2	1675	21,6	3,8	15,5
2	Возраст добавки 1 сутки Время культивирования БСТ -14 суток	2250	40,2	1970	39,3	4,7	4,8
3	Возраст добавки 14 суток Время культивирования БСТ - 14 суток	2042	38,8	1623	27,5	25,0	12,0
4	Возраст добавки 1 сутки Время культивирования БСТ 28 суток	2318	65,5	1733	38,9	5,1	5,9

Заключение

Установлено, что добавка биосилифицированных нанотрубок в количестве 0,05% от массы цемента в пересчете на сухое вещество улучшает физико-механические характеристики, как цементного камня, так и мелкозернистого бетона.

Исследования показали, что увеличение возраста хранения добавки БСТ более 14 суток неэффективно, так как снижаются физико-механические показатели цементного камня и МЗБ по сравнению с контрольным составом, что связано с агрегацией БСТ и седиментацией дисперсионной фазы.

Возрастание времени культивирования БСТ до 28 суток приводит к увеличению прочности при сжатии цементного камня в большей степени, чем МЗБ, что связано с армирующим действием биосилифицированных нанотрубок, роль которых в составе цементного камня более значима, чем в составе мелкозернистого бетона.

Список литературы

1. Мелкозернистый бетон, модифицированный комплексной микродисперсной добавкой /Баженов Ю.М. [и др.]/ Вестник МГСУ. 2013. № 2. С. 94-100.
2. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А. Теоретические и технологические аспекты получения микро- и нанодисперсных добавок на основе шунгитосодержащих пород для бетона. Брянск: БГИТУ, 2013. 231 с.
3. Бетон с микронаполнителем на основе волластонита / Н.П. Лукутцова [и др.] // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов междунар. науч. конф. (Москва, 12-13 нояб. 2014 г.). М.: Изд-во МГСУ. 2014. С. 499-504.

4. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
5. Highly-Dispersed Wollastonite-Based Additive and its Effect on Fine Concrete Strength / N.P. Lukutsova [et al.] // Solid State Phenomena. 2018. Т. 284. Р. 1005-1011.
6. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде. Пыкин А.А. [и др.]// Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.
7. Лукутцова Н.П., Анисимов П.В. Физические процессы при гидратации цемента//Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 25-27.
8. Лукутцова Н.П. Наномодифицированные композиционные строительные материалы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию строит. фак. и 85-летию БГИТУ (Брянск, 1-2 дек. 2015 г.). Брянск: Изд-во БГИТУ. 2015. Т. 1. С. 94-100.
9. Кинетические модели для оценки агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок к бетону и раствору, полученных ультразвуковым диспергированием минеральных компонентов в водной среде / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2015. № 1 (57). С. 130-136.
10. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 3. С. 26.
11. Техничко-экологическое обоснование получения наномодификатора для бетона/ Лукутцова Н.П. [и др.]// Строительство и реконструкция. 2012. № 3 (41). С. 42-47.
12. Lukutsova N.P., Pykin A.A. Stability of nanodisperse additives based on metakaolin // Glass and Ceramics. 2015. № 11-12. Р. 383-386.
13. Оценка агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок для бетона и раствора / И.А. Кулеш [и др.] // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 312-321.
14. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А. Устойчивость нанодисперсных добавок на основе метакаолина //Стекло и керамика. 2014. № 11. С. 7-11.
15. Древесно-цементные композиции с минеральными микронаполнителями / Лукутцова Н.П. [и др.] //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 21-23.
16. Структура цементных и керамических материалов с устойчивыми нанодисперсными добавками на основе стабилизированных минеральных компонентов в водной дисперсионной среде / А.А. Пыкин [и др.] // Строительство и реконструкция. 2015. № 2 (58). С. 135-144.

17. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84.
18. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 5-8.
19. Самоочищающиеся покрытия на основе нанодисперсного диоксида титана / О.А. Постникова [и др.] // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 523-530.
20. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов / Н.П. Лукутцова [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16-20.
21. Анализ влияния параметров ультразвукового диспергирования на размер, устойчивость, морфологию и состав частиц наномодификатора для бетона на основе шунгита / Н.П. Лукутцова [и др.] // Строительство и реконструкция. 2013. № 5 (49). С. 62-72.
22. Environmentally safe schungite-based nano-dispersion additive to concrete / N. Lukutsova [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. № 22. P. 15801-15809.
23. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. № S3. С. 84-88.
24. Исследование влияния добавок на основе травильных растворов, содержащих соли железа, на структуру и прочность мелкозернистого бетона / Хомякова Е.Н. [и др.] // Вестник МГСУ. 2016. № 1. С. 94-104.
25. Химическая добавка для цементных изделий: пат. 2622943 Рос. Федерация. № 2016118340 / А.А. Пашаян, Н.П. Лукутцова, Е.Н. Хомякова, Е.В. Оглоблина; заявл. 11.05.2016; опубл. 21.06.2017, Бюл. № 18.
26. Химическая добавка для цементных изделий: пат. 2612185 Рос. Федерация. № 2015145492 / А.А. Пашаян, Н.П. Лукутцова, Е.Н. Хомякова; заявл. 22.10.2015; опубл. 2.03.2017, Бюл. № 7.
27. Лукутцова Н.П., Головин С.Н. Агрегативная устойчивость водных суспензий галлуазитовых нанотрубок // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 4-10.
28. Способ изготовления нанодисперсной добавки для бетона: пат. 2644805 Рос. Федерация. № 2016142829 / Н.П. Лукутцова, С.Н. Головин, И.Ю. Гребенченко, Е.Г. Боровик; заявл. 31.10.2016; опубл. 14.02.2018, Бюл. № 5.
29. Изучение свойств мелкозернистого бетона, модифицированного нанодисперсной добавкой серпентинита / Пустовгар А.П. [и др.] // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 155-162.
30. Лхасаранов С.А., Урханова Л.А., Буянтуев С.Л. Исследование фазового состава цементного камня с углеродными наноматериалами // Строительные материалы. 2018. № 1-2. С. 23-25.
31. Способ получения биосилифицированных нанотрубок: пат. 2539734 Рос. Федерация. № 2013152146/10 / Н.П. Лукутцова, А.Г. Устинов; заявл. 22.11.2013; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3.

32. Lukuttsova N., Ustinov A. Additive based on biosiliphycated nanotubes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40451-40453.

33. Lukuttsova N., Ustinov A. Concrete modified by additive based on biosilicated nanotubes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40457-40460.

34. Лукутцова Н.П., Устинов А.Г. Мелкозернистый бетон, модифицированный нанодисперсной добавкой биосилифицированных нанотрубок // Эффективные строительные композиты: материалы науч.-практ. конф. к 85-летию д-ра техн. наук Ю.М. Баженова (Белгород, 2-3 апр. 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 396-400.

ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОЭФФЕКТИВНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРЫ

Шевченко В.В, Столбоушкин А.Ю. (ФГБОУ ВО СибГИУ, г. Новокузнецк, РФ)

Представлены результаты лабораторных испытаний инновационного способа получения теплоэффективных стеновых керамических материалов ячеистой структуры. Рассмотрены варианты возможного применения однослойных конструкций наружных стен из ячеистой керамики с пространственным стеклокристаллическим каркасом для Сибирского региона России.

Введение. Строительный прогресс не стоит на месте и направлен на создание новых или совершенствование имеющихся строительных материалов. В настоящее время проводятся активные исследования по разработке более легких, прочных и одновременно недорогих конструкционно-теплоизоляционных материалов, отвечающих современным требованиям по теплозащите зданий [1]. В соответствии с новым СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [2] минимальное сопротивление теплопередачи наружной стены возросло в 3-4 раза по сравнению с требованиями СНиП 11-3-79 [3]. Например, если в средней полосе России толщина кирпичной стены составляла 640 мм, то по современным нормам она должна была быть более двух метров, что совершенно неприемлемо и по материальным затратам, и по трудоемкости возведения стен.

Сегодня строительный комплекс вынужден выходить из сложившейся ситуации в основном за счет возведения многослойных стен с эффективным утеплителем. Однако их использование имеет ряд недостатков, связанных с трудоемкостью изготовления и монтажа, проблемами совместной работы слоев при эксплуатации, снижением пожарной безопасности и др. Это приводит к сокращению времени жизненного цикла многослойных стеновых конструкций и, в конечном итоге, снижению долговечности и надежности зданий в целом.

Практически единственной группой материалов с одновременно высокими прочностными и теплотехническими показателями являются ячеистые строи-

тельные материалы. Если пено- и газобетоны широко известны и давно используются в строительстве [4], то ячеистая керамика для возведения наружных стен фактически не выпускается.

Для получения ячеистых керамических материалов авторами был разработан способ, включающий измельчение сухого глинистого или кремнистого сырья, последующее активное смешение с увлажненным гранулированным пено-стеклом, полусухое прессование, сушку и обжиг изделий [5].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании параметров получения ячеистой керамики со стеклокристаллическим каркасом.

В качестве сырьевых материалов для изготовления ячеистой керамики инновационным способом [5] использовались умереннопластичный легкоплавкий суглинок (Новокузнецкое месторождение, Кемеровская обл.) и гранулированный пеностеклокристаллический материал из кремнеземистых пород (ГПСКМ) производства ООО «Баскей Керамик», г. Челябинск.

Химический, гранулометрический, минеральный составы и технические характеристики сырьевых материалов приведены в работе [6]. Исследование структуры и свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород представлено в работе [7].

Для приготовления керамических образцов готовилась гранулированная шихта состава 75 % ГПСКМ и 25 % суглинка. В турболопастной смеситель гранулятор загружались гранулы из пеностекла и увлажнялись до формовочной влажности 8-12 %. Затем в гранулятор вводился высушенный тонкодисперсный суглинок. Далее из опудренных гранул формовочной влажностью 10-11 % прессовались образцы при удельном давлении 5 МПа. Сырцовые изделия высотой 45-55 мм и диаметром 50 мм сушились до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 100-105 °С.

Для определения оптимальных параметров обжига образцов использовался ступенчатый режим нагрева с изотермической выдержкой в течение 30-180 минут. Предварительные исследования показали, что при температуре более 1000 °С происходит расплавление и вспучивание образцов. Поэтому максимальная температура обжига изменялась в интервале от 850 до 1000 °С с шагом 50 °С.

Таблица 1 – Физико-механические свойства образцов при различной температуре обжига

№ п/п	Состав шихты, об. %	Температура обжига, °С	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	ККК*	Внешний вид
1	Суглинок/ ГПСКМ 25/75	850	1027	10,6	8,8	10,3	без дефектов
2		900	1012	18,7	7,0	18,5	без дефектов
3		950	1081	24,5	3,9	22,7	заметные усадочные деформации образцов
4		1000	1492	28,9	2,8	19,4	частичное оплавление образцов

*ККК – коэффициент конструктивного качества

Результаты испытаний и графическая зависимость изменения физико-механических свойств керамических образцов от максимальной температуры обжига приведены в таблице 1 и на рисунке 1, внешний вид обожженных образцов представлен на рисунке 2.

Анализ зависимости изменения физико-механических свойств ячеистой керамики от температуры обжига показал, что максимальную прочность имеют образцы, обожженные при температуре 1000 °С, минимальную среднюю плотность – при температуре 900 °С (таблица 1, рисунок 1). Однако, при температуре 950 °С начинаются процессы деформации образцов, а при температуре 1000 °С происходит их вспучивание и оплавление (рисунок 2).

Таким образом, проведенные исследования показали, что максимальная температура обжига составляет 880-900 °С.

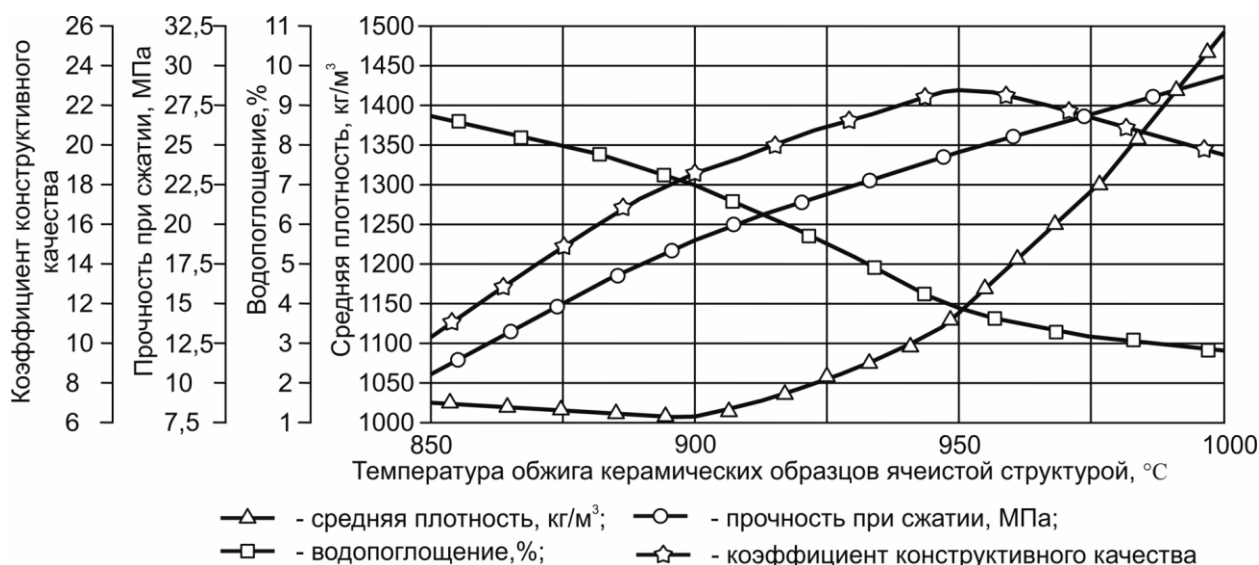


Рисунок 1 – Зависимость физико-механических свойств ячеистых керамических образцов от температуры обжига

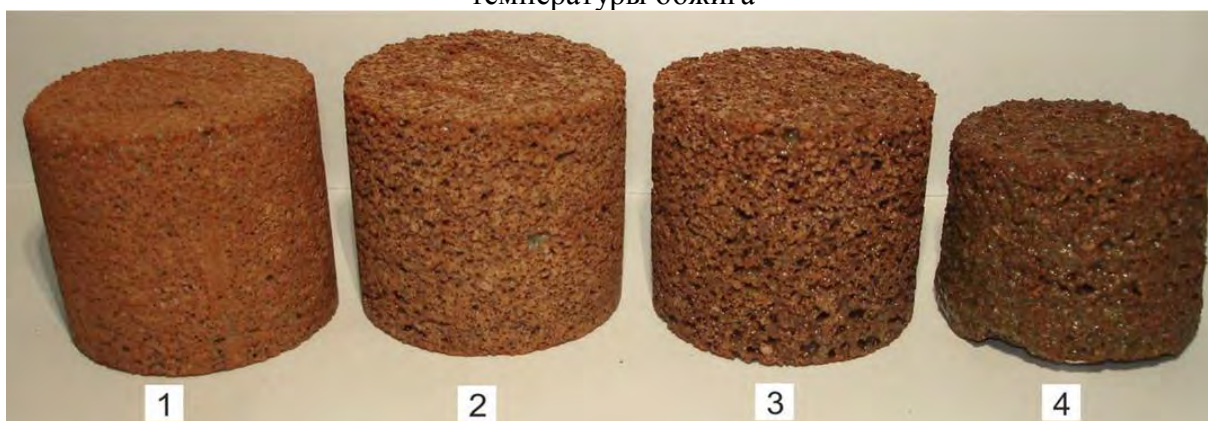


Рисунок 2 – Внешний вид ячеистых керамических образцов в зависимости от температуры обжига, °С: 1 – 850; 2 – 900; 3 – 950; 4 – 1000

На следующем этапе эксперимента была установлена продолжительность выдержки при максимальной температуре обжига. Результаты испытаний и графическая зависимость изменения физико-механических свойств керамических образцов от изотермической выдержки обжига приведены в таблице 2 и на рисунке 3.

Таблица 2 – Физико-механические свойства керамических образцов при различной изотермической выдержке

№ п/п	Состав шихты, об. %	Время выдержки при максимальной температуре	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	КК К*	Внешний вид
1	Суглинок/ ГПСМК 25/75	30 мин	1120	13,6	7,5	12,1	Без дефектов
2		60 мин	1080	15,1	7,3	13,9	
3		90 мин	990	18,7	7,0	18,9	
4		120 мин	1150	21,9	6,5	19,1	Частичное оплавление образцов
5		180 мин	1270	24,4	5,0	19,2	

*ККК – коэффициент конструктивного качества

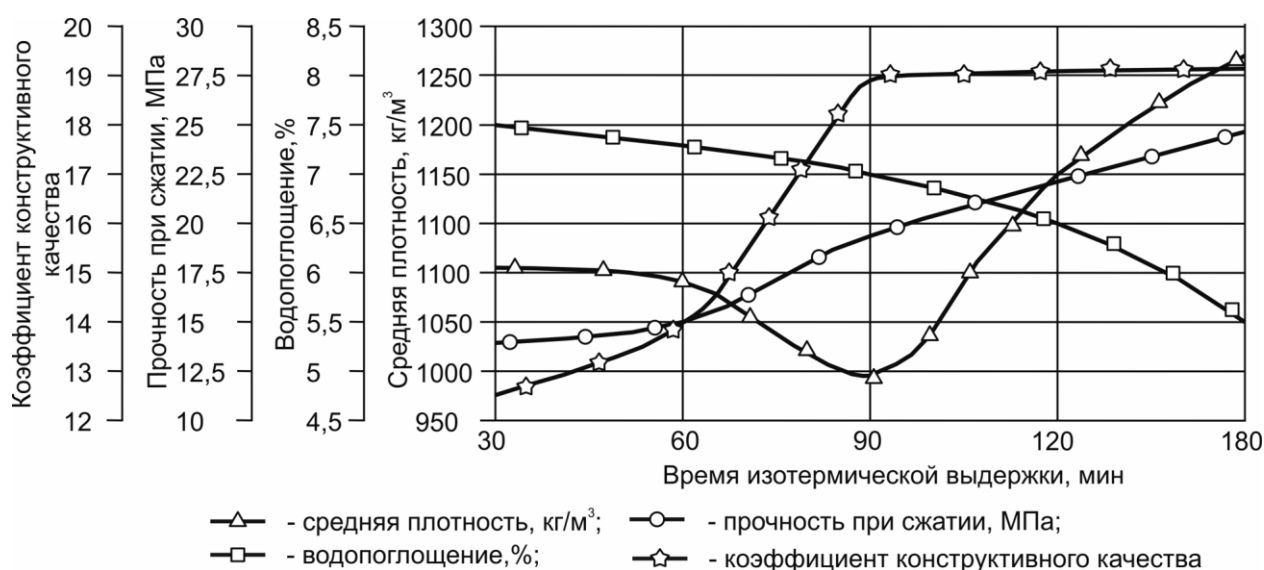


Рисунок 3 – Зависимость физико-механических свойств керамических образцов от продолжительности выдержки при 900°C.

Увеличение продолжительности выдержки при максимальной температуре обжига в интервале от 30 до 180 минут приводит к постоянному росту прочности при сжатии образцов с 13,6 до 24,4 МПа и снижению водопоглощения с 7,5 до 5 %. При этом минимальное значение средней плотности (990 кг/м³) практически без падения коэффициента конструктивного качества (порядка 19) наблюдается в образцах при выдержке 90 минут (рисунок 3). Это можно объяснить явлением так называемого процесса «вызревания гранул», при котором происходит формирование внутреннего газового пространства пор-ячеек. Вспененное вещество внутри гранул переходит в расплав и за счет сил парциального давления и поверхностного натяжения выстилает внутреннюю поверхность сферических ячеек, формируя стеклокристаллический каркас будущей ячеистой керамики.

Увеличение продолжительности выдержки при максимальной температуре более 90 минут приводит к дальнейшему образованию расплава. Образующаяся пиропластичная фаза начинает «разъедать» стенки твердой фазы керамики, при этом происходит уплотнение и так называемое оседание ячеистой массы.

Проведенный анализ показал, что оптимальная продолжительность изотермической выдержки составляет 80-90 минут и обеспечивает высокие прочностные показатели (порядка 18-20 МПа) при минимальной средней плотности изделий (менее 1000 кг/м³).

Общая продолжительность подъема температуры с изотермической выдержкой составляет 300-320 минут. Охлаждение образцов до комнатной температуры протекает естественным образом, после отключения системы нагрева муфельной печи. Средняя скорость понижения температуры в начальный период изменяется в пределах 2,5-3,0 °С в минуту, время остывания печи 5-6 часов. Общая продолжительность процесса обжига ячеистых керамических образцов составляет 600-680 минут.

Заключение. Разработанные параметры для получения ячеистой керамики со стеклокристаллическим каркасом обеспечивают повышенные теплотехнические характеристики материала (средняя плотность 900-1000 кг/м³) при прочности 18-22 МПа. Формирование сплошной тонкой пленки из стеклокристаллического расплава по внутренней поверхности пор обеспечивают низкое водопоглощение керамического материала (7-7,3 %), имеющего развитую ячеистую структуру [8].

Дальнейшие исследования будут посвящены изучению и предварительной оценке возможного использования этих материалов в однослойных наружных стенах гражданских зданий.

Благодарности. Результаты исследования получены в рамках выполнения госзадания Минобрнауки РФ, шифр проекта № 7.7285.2017/8.9 «Фундаментальные исследования в области строительных керамических композиционных материалов с матричной структурой на основе техногенного и природного сырья».

Список литературы

1. Горбунов Г.И. Технология пенокерамических стеновых и теплоизоляционных изделий / Г.И. Горбунов // Кровельные и изоляционные материалы. – 2005. – № 7. – С. 28-31.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* – Введ. 20.05.2011. – Москва: Стройиздат, 2011. – 79 с.
3. Изменение № 3 СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» – Введ. 20.05.2011. – Москва: НИИСФ Госстроя СССР, 1995. – 34 с.
4. Баженов Ю.М. Технология бетона [Текст] / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2011 – 528 с.
5. Патент № 2593832. Российская Федерация, МПК С1 С 04 В 33/13. Способ изготовления стеновых керамических изделий / А.И. Иванов, А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Стороженко // Заявл. 08.06.2015. Опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22.
6. Казанцева Л.К. Вспененные стеклокерамические теплоизоляционные материалы из природного сырья [Текст] / Л.К. Казанцева, В.И. Верещагин, Г.И. Овчаренко // Строительные материалы. – 2001. – № 4. – С. 33-34.
7. Столбоушкин А.Ю. Исследование структуры и свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород

[Текст] / А.Ю. Столбоушкин, А.И. Иванов, В.В. Шевченко и др. // Строительные материалы. – 2017. – № 12. – С. 7-13.

8. Stolboushkin A.Yu. A Study on Structure and Phase Composition of Cellular Ceramic Materials from Dispersed Silica-rich Rocks [Electronic resource] / A.Yu. Stolboushkin, A.I. Ivanov, O.A. Fomina // Materials Engineering and Technologies for Production and Processing IV: Solid State Phenomena. – Trans Tech Publications, Switzerland, 2018. – ISSN: 1662-9779. – Vol. 284. – Pp. 893-898. – doi:10.4028/www.scientific.net/SSP.284.893.

ВЛИЯНИЕ БИНАРНОЙ СМЕСИ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА И СИЛИКАТКАЛЬЦИЕВОЙ ДИСПЕРСИИ НА ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЯДОВОГО БЕТОНА

Шошин Е.А., Поляков А.В. (СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, РФ)

Изучено влияние бинарной добавки микрокремнезема и высокодисперсной силикаткальцевой дисперсии, получаемой термолизом гидросиликатов кальция модифицированных сахарозой на физико-механические свойства рядового цементного бетона. Обнаружено взаимоусиливающее действие добавок микрокремнезема и силикаткальцевой дисперсии позволяющее достичь прироста прочности образцов бетона на сжатие свыше 50%

Influence of binary additive of a mikrokrementezem and the high-disperse silikatkaltsiyevy dispersion received termolizy the hydrosilicates of calcium modified by sucrose on physicomachanical properties of ordinary cement concrete is studied. The mutually strengthening effect of additives of microsilicon dioxide and silikatkaltsiyevy dispersion allowing to reach a gain of durability of samples of concrete on compression over 50% is revealed

Применения высокодисперсных наполнителей в производстве цементных материалов является на сегодня наиболее эффективным направлением цементно-сбережения, что обуславливает активный поиск новых источников цементозамещающих материалов [1]. Объемы производства наполнителей для цементных вяжущих уже в 2013г составляли около 280 млн т в год [2] и с развитием технологий цементозамещения должны значительно возрасти. Традиционные заместители цемента, такие как доменные шлаки, золы-уносы в западно-европейских странах уже сейчас активно используются в качестве добавок в цементы, в связи с чем их объем производства в дальнейшем будет недостаточен [3]. Микрокремнезем (МК) применяемый при изготовлении высокопрочных бетонов является отходом производства, объемы его производства принципиально ограничены. И хотя применение МК в производстве бетонов в нашей стране носит ограниченный характер, стоимость микрокремнезема и аналогичных ему пуццолановых добавок (метакаолин) в разы выше стоимости цементного вяжущего.

Не обладающие пуццолановыми свойствами наполнители значительно дешевле активных пуццоланов, при этом в сочетании с эффективными пластификаторами обеспечивают высокие реологические свойства цементных составов и

создают предпосылки снижению расхода цемента [4,5]. И хотя единого мнения о факторах влияния тонкодисперсных наполнителей на реологию цементных систем в настоящее время нет, имеющиеся экспериментальные данные позволяют рассматривать в качестве основных удельную поверхность наполнителя [6,7] форму частиц [8,9] и характер поверхности частиц [10,11], определяющую взаимодействие частиц наполнителя с пластификаторами. Действие указанных факторов неравнозначно, наибольшее влияние на реологию цементных систем оказывают удельная поверхность наполнителя и характер поверхности частиц [12].

Помимо реологии малоактивные наполнители способны оказывать влияние на эффективность применения высокоактивных пуццоланов, таких как метакалин. Авторы [13] обнаружили, что применение метакалина наиболее эффективно в суспендированном виде, где в состав суспензии входят помимо метакалина и пластификатора молотый известняк. Использование такой суспензии позволяет, с одной стороны, оптимизировать поровую структуру цементного камня, а с другой – усиливает пуццолановый эффект применения метакалина.

Учитывая вышесказанное представляло интерес исследовать возможность реализации эффекта действия второго минерального компонента в суспензии активного пуццолана в смеси микрокремнезема и силикаткальциевой дисперсии, получаемой термолизом гидросиликатов кальция, модифицированных сахарозой [14].

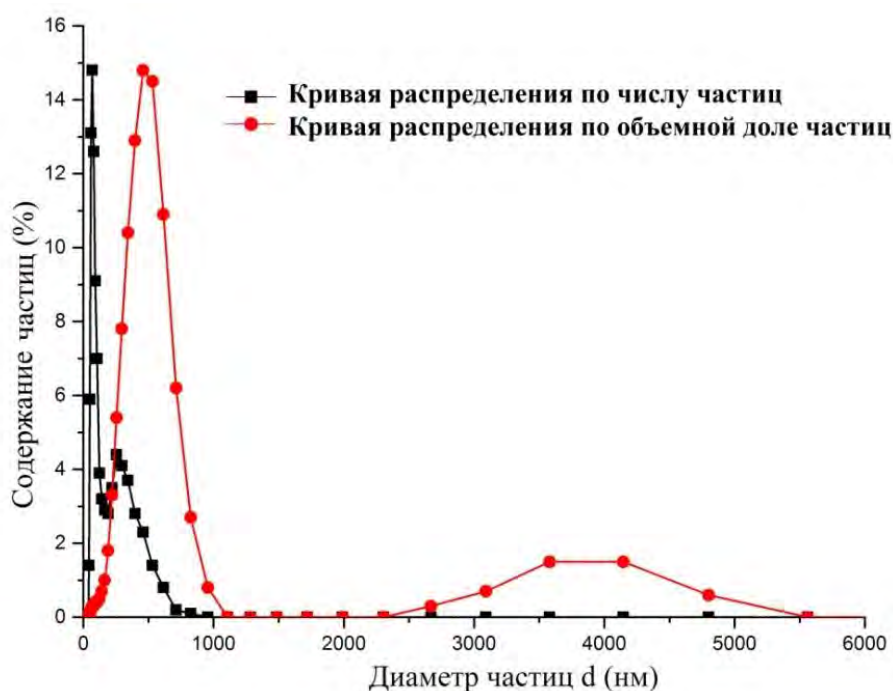


Рисунок 1 – Кривая распределения частиц в образце СКД (методом динамического рассеяния света)

Получение стабилизированных сахарозой гидросиликатов кальция, (СГК) осуществляли с использованием рядового портландцемента (ПЦ) СЕМ I 42.5Н Holcim (rus) по схеме: смесь ПЦ, воды и сахарозы (2%) при В/Ц отношении 2,0 измельчали в планетарной мельнице при ускорении свободного падения $G=21$ в течение 1 часа. Минеральную часть полученной суспензии отделяли при пони-

женном давлении и подвергали сушке при 105°C до постоянной массы. Полученные таким образом образцы СГК подвергали термообработке при 150°C в сушильном шкафу в течении 60 мин. Полученный в результате термообработки ксерогель силикаткальцевой дисперсии измельчали в шаровой мельнице в течении нескольких минут. Полученная таким образом силикаткальцевая дисперсия (СКД) характеризуется удельной поверхностью ($S_{уд}$) 16430 см²/г (по газопроницаемости слоя порошка) и кривой распределения частиц по размерам (рисунок 1).

В качестве пластифицирующей добавки использовался суперпластификатор «Полипласт СП-3», на основе продуктов конденсации нафталинсульфокислот.

В качестве активного пуццолана использовался микрокремнезем конденсированный (МК), удовлетворяющий требованиям ТУ 7-249533-01-90.

Введение СКД в состав цементно-песчаного раствора позволяет увеличить эффективность суперпластификатора (рисунок 2), что объясняется высокой щелочностью поверхности частиц СКД и эффективностью взаимодействия с нафталинсульфокислотами пластификатора.

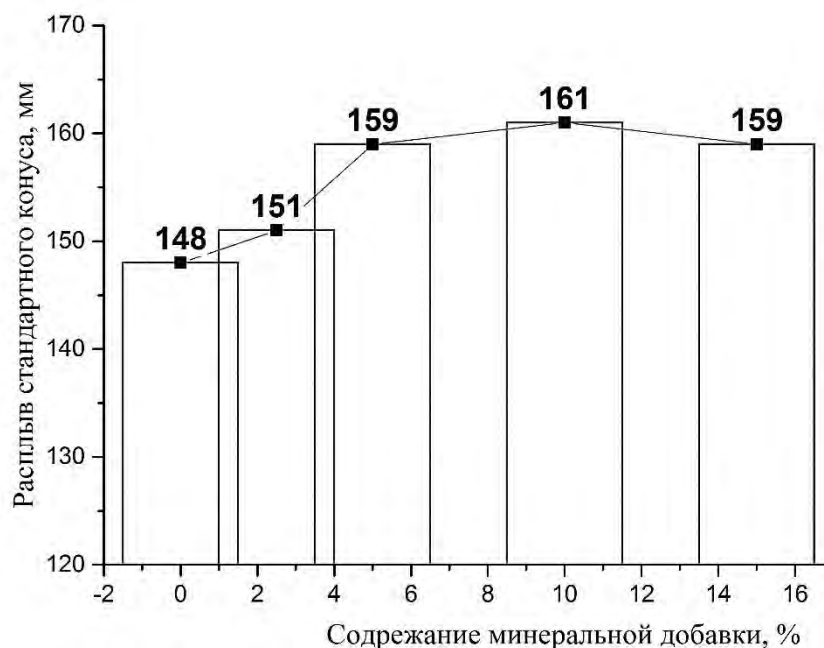


Рисунок 2 - Изменение диаметра расплыва стандартного конуса пластифицированного (СП-3=0,7%) цементного раствора (цемент/песок=1/3; В/Ц=0,42) в присутствии добавки СКД.

Оценка эффективности добавки СКД в смеси с МК проводилась на образцах суспензий, полученных помолотом в растворах суперпластификатора бинарных смесей СКД/МК с различным массовым отношением. Содержание суперпластификатора назначалось 0,7% от массы цемента пластифицируемой бетонной смеси. Полученные суспензии вводились в состав бетонных смесей с тем расчетом, чтобы содержание смеси СКД/МК составляло 15%.

Органо-минеральная суспензия вводилась в состав рядового цементного бетона класса В 25 с последующим определением физико-механических свойств (рисунок 3). Подбор состава рядового тяжелого бетона осуществлялся с исполь-

зованием стандартных методик [15] с последующей корректировкой при экспериментальных лабораторных замесах. В качестве основного вяжущего использовался СЕМ I 42.5Н Holcim (rus). В качестве крупного заполнителя использовался наиболее распространенный в Саратовском регионе карбонатный щебень М800.

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что обнаруженный авторами [13] эффект действия второго минерального компонента в суспензии активного пуццолана наблюдается в системе СКД/МК, что может быть использовано для снижения доли МК в составе пластифицирующей суспензии без снижения прочности образцов модифицированного бетона.

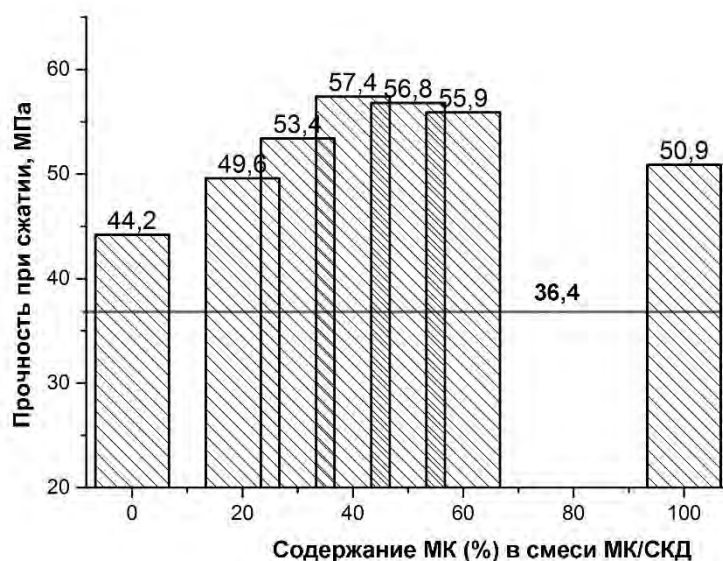


Рисунок 3 – Зависимость прочностных свойств модифицированных бетонов от соотношения МК/СКД в составе минеральной модифицирующей композиции. Содержание минеральной модифицирующей композиции 15%. Содержание С-3 0,7%. Уровень прочности контрольного немодифицированного состава составил 36,4 МПа.

Наблюдаемый синергетический эффект действия добавок микрокремнезема и СКД, позволяет достигать более чем 50% прироста прочности образцов модифицированного бетона, что позволяет рассматривать композицию СКД/МК как эффективную минеральную добавку полифункционального действия.

Список литературы

1. Kurtis K.E. Innovations in cement-based materials: addressing sustainability in structural and infrastructure applications // MRS Bull. 2015. Vol. 40. pp. 1102–1109.
2. CSI WBCSD, “Getting the numbers right” (GNR). Cem. Sustain. Initiat. [сайт]. [2013]. URL: <http://www.wbcscement.org/index.php/key-issues/climate-rotection/gnrdatabase>
3. Miller S.A., John V.M., Pacca S.A., Horvath A. Carbon dioxide reduction potential in the global cement industry by 2050 // Cem. Concr. Res. 2017. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.08.026>

4. Müller H.S., Breiner R., Moffatt J.S., Haist M., Design and properties of sustainable concrete // *Process. Eng.* 2014. vol. 95 pp. 290–304. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.189>
5. Proske T., Hainer S., Rezvani M. Graubner C.-A. Eco-friendly concretes with reduced water and cement contents — mix design principles and laboratory tests // *Cem. Concr. Res.* 2013. vol. 51 pp. 38–46. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.04.011>
6. Esping O. Effect of limestone filler BET(H₂O)-area on the fresh and hardened properties of self-compacting concrete // *Cem. Concr. Res.* 2008. vol. 38. pp. 938–944.
7. Westerholm M., Lagerblad B., Forssberg E. Rheological properties of micromortars containing fines from manufactured aggregates // *Materials and Structures.* 2007. vol. 40. no. 6. pp. 615–625.
8. Cepuritis R., Jacobsen S., Pedersen B., Mørtzell E. Crushed sand in concrete – effect of particle shape in different fractions and filler properties on rheology // *Cement and Concrete Composites.* 2016. vol. 71. pp. 26–41.
9. Cepuritis R., Jacobsen S., Pedersen B. SCC matrix rheology with crushed aggregate filler: effect of physical and mineralogical properties, replacement, copolymer type and w/b ratio // In *Proceedings of the 7th international RILEM symposium on Self-compacting concrete.* Paris. France. 2nd–4th September. 2013.
10. Justnes H., Ng S. Concrete Admixtures - Interactions with Cement, Supplementary Cementing Materials and Fillers // In *Proceedings of SCC'2014-China: 3rd International Symposium on Design, Performance and Use of Self-Consolidating Concrete.* Xiamen. China. June 5–8. 2014.
11. Sun Wei, Yan Handong, Zhan Binggen Analysis of mechanism on water-reducing effect of fine ground slag, high-calcium fly ash, and low-calcium fly ash // *Cement and Concrete Research.* 2003. vol. 33. pp. 1119–1125.
12. Cepuritis R., Jacobsen S., Smeplass S., Mørtzell E., Wigum B. J., Ng S. Influence of crushed aggregate fines with micro-proportioned particle size distributions on rheology of cement paste // *Cement and Concrete Composites.* 2017. Vol. 80. pp. 64–79.
13. Perlot C., Rougeau P., Dehaudt S. Slurry of metakaolin combined with limestone addition for self-compacted concrete. Application for precast industry // *Cement & Concrete Composites.* 2013. vol. 44. pp. 50–57.
14. Шошин Е. А. Силикатные наполнитель, получаемый методом термоллиза модифицированных гидросиликатов цемента // *Строительные материалы.* 2017. №7. С. 16–19.
15. Файнер М.Ш. Концепция оптимального проектирования бетона // *Бетон и железобетон.* 1992. № 1. С.15 – 16.

УДК 625.85:504.54.06:725.72

ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСА ПРИМЕНЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ШИН В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Гайлитис Д.И., Гордиенко М.Ф., Хандожко Е.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

Отмечается актуальность решения вопроса влияния изношенных шин на окружающую среду. Даются рекомендации по переработке данного вида отходов и применению в качестве покрытий пешеходных дорожек и тротуаров, звукоизолирующих ограждений, битуморезинового вяжущего для асфальтобетонных.

В настоящее время экономия и рациональное использование природных и материальных ресурсов становится одним из основных условий повышения эффективности производства. При этом возрастает интерес к вторичным материальным ресурсам, которые получают в результате переработки промышленных отходов. В связи с этим все большее распространение получает программа комплексного использования вторичных ресурсов и отходов производства. Особенно данное направление актуально для дорожно-строительного комплекса.

К числу материалов, отрицательно влияющих на окружающую среду, относятся отходы автотранспортных средств, а именно изношенные шины.

Уже неоднократно отмечалось, что проблема утилизации резинотехнических отходов, не пригодных для восстановления, имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Только в России ежегодно из оборота, по оценкам экспертов, выводится около 1 млн. тонн шин, из которых собирается и перерабатывается около 90 тысяч тонн или менее 10 процентов. Мировая практика показывает, что в рамках отдельного государства возможно построить систему, позволяющую собирать и перерабатывать с дальнейшим применением практически все 100 % изношенных шин.

Применение в дорожном строительстве резиновой крошки является одной из самых эффективных и перспективных идей. Получают такую крошку в результате переработки старых автомобильных шин.

С точки зрения способа переработки самым популярным является механическое дробление, которое используют 19 действующих в РФ компаний. К альтернативным методам утилизации прибегают ЗАО «Завод переработки покрышек №1» (криогенное дробление) и ООО «Экоинвест» (бародеструкционное дробление).

Основным продуктом переработки изношенных шин является резиновая крошка различных фракций, являющаяся композиционным эластомерным порошком. В зависимости от используемого оборудования, выход крошки может составлять от 35 до 80 %. Стоимость резиновой крошки, полученной из шин, составляет 9 500 – 15 000 руб./т.

Ключевыми преимуществами использования резинового гранулята в дорожном строительстве являются возможность улучшить свойства асфальтобетонной смеси, а значит, повысить качество готовых дорог, а также изменить в лучшую сторону экологическую ситуацию за счет вторичного применения отработанных покрышек, подлежащих утилизации.

На основании производимых отечественных и зарубежных исследований можно констатировать, что особенно перспективным в дорожной отрасли является применение изношенных шин для защиты от эрозии почвы и берегов; при строительстве мостов и водопропускных коллекторов; при создании звукоизолирующих ограждений – экранов; для усиления слабых грунтов в инженерных сооружениях. Кроме того, одним из направлений применения резины является использование ее после соответствующей обработки для изготовления покрытий пешеходных дорожек и тротуаров, в том числе с добавлением в ее состав различных красителей. Цветная резина эластична, бесшумна, гигиенична, легко поддается очистке от пыли, грязи, снега и льда. Ей может быть придана любая окраска. Дополнительное снижение стоимости цветных резиновых плит для покрытий тротуаров и пешеходных дорожек может быть достигнуто выполнением их из двух слоев: верхнего — из цветной резины и нижнего (основного) — из регенерата старой резины. Покрытия такого типа по стоимости не столь значительно отличаются от асфальтобетонных и в то же время обладают высокими декоративными качествами.

Кроме того, на сегодняшний день применяемые виды асфальтобетонов с использованием в качестве вяжущего нефтяных битумов становятся неактуальными в связи с их невысокими эксплуатационными характеристиками. Они неэластичны, недостаточно трещиностойчивы. В условиях увеличения нагрузок на покрытия реальный срок службы традиционных асфальтобетонов меньше нормативного на 2-3 года. Поскольку свойства покрытий и характер их повреждения напрямую зависят от свойств самого асфальтобетона, то требуется разработка новых видов битумных вяжущих, имеющих лучшие показатели, чем нефтяные битумы. При участии специалистов РосдорНИИ, Мосавтодора, Федеральной дорожной службы и других организаций разработано битуморезиновое экологически чистое композиционное вяжущее (БИТРЕК), применяемое как для приготовления асфальтобетонов, так и для проведения ремонтных работ на дорогах. В качестве резинового составляющего применяются амортизированные шины, измельченные в мелкодисперсную крошку. Количество крошки в составе вяжущего составляет 5-15 % от массы битума. Результаты испытаний показали заметное повышение прочности материала на сжатие. Это в свою очередь увеличивает устойчивость асфальтобетона к колееобразованию и пластическим деформациям. Также применение резиновой крошки в составе асфальтобетона препятствует скольжению колеса по покрытию, повышает морозостойчивость материала, минимизирует уровень шума. Это особенно важно для регионов с большим разбросом температур и частым переходом через точку замерзания воды, что значительно снижается водонасыщение и расширяется интервал пластичности вяжущего материала, что улучшению качества дорог.

Основными факторами, сдерживающими развитие производственного сектора по утилизации изношенных шин являются:

- отсутствие политики в сфере сбора отходов РТИ, что не позволяет обеспечить сырьем существующие в России предприятия по переработке, мощность которых уже превышает 150 тысяч тонн отходов в год;
- отсутствие гармонизированных с международными стандартами технологических регламентов на производство продукции, выработанной с добавлением сырья, полученного в процессе переработки шин;
- отсутствие специализированных независимых лабораторий по оценке качества дорожных материалов, получаемых на основе резиновой крошки;
- отсутствие единых стандартов на резиноасфальтобетоны в России.

Также следует отметить отсутствие государственного программного подхода к внедрению резиноасфальтобетонов в дорожном строительстве.

Заключение

Произведенный анализ возможностей применения шин автотранспортных средств показал, что использование их в качестве различного рода заполнителей и добавок, тротуарных плиток на сегодняшний день весьма перспективно. Резиновая плитка удобна в эксплуатации, прочна, долговечна, проста в изготовлении, экологична. Возможно ее широкое применение на остановочных площадках, в пешеходных зонах населенных пунктов. Применение битуморезинового вяжущего также имеет ряд перспектив в плане снижения стоимости асфальтобетона, повышения его прочности и сдвигоустойчивости.

Литература

1. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно – транспортная экология: Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2001. – 273 с.
2. Балацкий Е.В., Гусев А.Б., Инновационно-технологический потенциал России, взгляд извне. Новосибирск: Новосибирская ассоциация консультантов, 2011. – 28 с.

О ПРИМЕНЕНИИ ЦЕОЛИТОВ В ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ

Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Конча М.С., Миренков П.С.
(БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В строительстве покрытий автомобильных дорог вновь стали использоваться цементобетонные смеси. Для улучшения качественных показателей цементобетонных смесей (прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, истираемости и т.п.) применяют различные виды модифицирующих добавок. Их в настоящее время для цементобетонных смесей более 800 разновидностей. В дорожном строительстве можно использовать модифицирующие добавки такие как: цеолит, микрокремнезем, центрамент П40, мурапласт ФК98 и т.д.

Цеолиты относятся к каркасным алюминатам. Их в настоящее время около 600 видов, в том числе природных – 50. Использование цеолитов в цементобетонных смесях позволяет уменьшить расход цемента в среднем 50 кг на 1 куб м бетона при сохранении его марки.

In construction of coverings of highways again began to use cement concrete mixes. To improve the quality of cement concrete mixtures (strength, frost resistance, water resistance, etc.), various types of modifying additives are used. They are currently for cement concrete mixtures of more than 800 varieties. In road construction it is possible to use modifying additives such as: zeolite, microsilica, centrants P40, mu-raplast FK98, etc. Zeolites belong to frame aluminates. They are currently about 600 species, including natural – 50. The use of zeolites in cement concrete mixtures can reduce cement consumption by an average of 50 kg per 1 cubic meter of concrete while maintaining its grade.

В строительстве покрытий автомобильных дорог в последнее время в некоторых областях Российской Федерации вновь стали использовать цементобетонные смеси, что должно положительно сказаться на качестве покрытия, его долговечности, прочности, морозостойкости.

Самым дорогим компонентом при производстве цементобетона, является цемент. Снижение себестоимости цементобетонных покрытий можно достичь уменьшением расхода цемента в общей массе бетонной смеси. Это невозможно без введения различных добавок: химических, минеральных, комплексных [1].

В технологии бетона XXI века химические добавки являются таким же обязательным компонентом бетонной смеси, как вяжущее, заполнители и вода [2]. Среди большого разнообразия химических добавок для бетонов: пластификаторов, ускорителей схватывания и твердения, замедлителей, регуляторов структуры, воздухововлекающих и других – особое место занимают пластификаторы (разжижители), позволяющие существенно (на 20 – 30%) снизить водопотребность бетонных смесей при сохранении требуемой их подвижности. Это очень важно, так как «избыточная» вода, обычно вводимая в цементобетонную смесь для обеспечения нужной ее подвижности, остается в затвердевшем бетоне несвязанной, вызывает образование пор и капилляров, заполненных водой, а при ее высыхании – воздухом, что отрицательно сказывается на основных свойствах затвердевшего бетона: его прочности, плотности, коррозионной стойкости и др. Использование добавок позволяет получать высокопрочные и высококачественные бетоны. Под высокопрочными бетонами «Международная организация по строительству» подразумевает бетоны, имеющие прочность на сжатие в цилиндрах 60-130 МПа. Под высококачественными бетонами понимают бетоны с высокими эксплуатационными свойствами при водоцементном отношении менее 0,4.

Использование добавок определенного качества и в оптимальном количестве позволяет сознательно управлять процессами структурообразования и создавать высоко функциональные бетоны. Такие искусственные композиты обладают высокой прочностью (более 100 МПа), морозостойкостью (F400 и выше), водонепроницаемостью (W12 и выше), высокой биологической, химической и коррозионной стойкостью.

Эти добавки с полным основанием именуются модификаторами бетона или модифицирующими добавками.

Их целесообразно использовать при приготовлении цементобетонных смесей. Модифицирующие добавки для цементобетона – это химические продукты неорганического или органического происхождения, включаемые в состав смесей с целью повышения их физико-химических характеристик и придания конечных положительных свойств бетону, необходимых для получения строительных конструкций с высокими эксплуатационными характеристиками и в наиболее приемлемые сроки. Назначение добавок разнообразно, а их ассортимент включает в себя более 800 разновидностей. В дорожном строительстве модифицирующие добавки позволяют увеличить прочность и долговечность цементобетонных конструкций. Выбор необходимых добавок для корректировки свойств бетонов является задачей невероятно сложную задачу [3].

К модифицирующим добавкам, используемым в дорожном строительстве, можно отнести: цеолит, микрокремнезем, центрамент П40, мурапласт ФК98 и многие другие [1]. Также цеолиты можно использовать для получения быстротвердеющих и высокопрочных цементов. Цеолиты обладают уникальными адсорбционными свойствами благодаря своей структуре.

С древних времен природные цеолиты использовались в строительстве, главным образом в виде штучного камня из цеолитового туфа. Еще в 70-х годах прошлого столетия большая часть добываемых в Западной Европе цеолитов использовалась в качестве строительного камня, изоляционных материалов низкой плотности и при производстве пуццоланового цемента. Цеолиты особенно хороши для производства гидравлических цементов, устойчивых к химическому воздействию среды, например, такому как морская вода. В качестве штучного камня цеолиты использовались не только в Западной Европе, но и в России, Турции и других странах.

Если в древности, цеолитовый туф использовался в строительстве как штучный камень, то в настоящее время применяется как добавка в цемент или как легкий заполнитель в цементобетонных смесях. Цеолиты представляют собой группу минералов – алюмосиликатов с уникальными свойствами, обусловленными их каркасной структурой, которая обеспечивает высокую гидравлическую активность породы.

В настоящее время цеолиты, как минерал, имеют необычайно широкую сферу применения: в промышленности, сельском хозяйстве, в медицине. Они применяются в нефтехимии, как осушитель газов и сред, для очистки питьевых и технических вод, для извлечения радионуклидов, в качестве катализатора, в строительстве, для улучшения почвы, в качестве удобрения, для подкормки животных и т.д. Цеолиты, содержащие значительное число катионов, способны эффективно и селективно извлекать различные ионы из растворов, обеспечивать их концентрирование. Эти качества определяют широкое использование цеолитов как ионообменников.

В России на Северном Кавказе, в Западной Сибири, на Дальнем Востоке находятся месторождения цеолитизированных туфов. Например, в Красноярском крае открыто несколько месторождений: Пашенское, Сахатинское и

Вознесенское. Они характеризуются благоприятными горно-геологическими условиями залегания пластов для открытой разработки и небольшим расстоянием от промышленных центров.

В настоящее время цеолит может быть применен:

- для ввода в состав бетонов с целью экономии цемента и уменьшения растрескивания бетона;
- в качестве наполнителей бетонных растворов, т.к. не подвержен слеживаемости, что позволяет исключить применение антислеживателей;
- для производства высокопрочного бетона;
- в качестве известково-цеолитового вяжущего компонента для автоклавных и безавтоклавных силикатных бетонов;
- в качестве гипсоцементопуццоланового вяжущего компонента и бетонов на его основе;
- в производстве силикатных кирпичей;
- для производства сухих смесей, в том числе для производства осушающей штукатурки.

При производстве цемента его можно использовать:

- для сокращения сроков схватывания;
- для увеличения удельной поверхности на 800-1900 м²/т.
- для повышения марки цемента на 30-40 ед.

Цеолиты относятся к каркасным алюминатам и состоят из тетраэдров SiO₄ и AlO₄, образующих различные структурные единицы от простых четырехчленных колец до больших многогранников. Алюмосиликатный остов цеолитов пронизан сообщающимися между собой полостями и каналами диаметром в несколько ангстрем, занятыми крупными ионами и молекулами воды, имеющими значительную свободу перемещения, способность к катионному обмену и дегидратации - регидратации без разрушения структуры. Минералы этого семейства: клиноптилолит, морденит, фожазит, шабазит можно представить, как кристаллический алюмосиликатный анион, заряд которого компенсируется катионами натрия, калия, кальция или магния. Поглощение цеолитами различных молекул в отличие от координационного связывания в кристаллогидратах связано с явлением адсорбции - концентрированием вещества из жидкой среды на поверхность твердого тела (адсорбента) или в объеме, образующих его структурой пор. Присутствие катионов делает цеолиты способными к ионному обмену в водной среде.

Цеолиты, содержащие значительное число катионов, способны эффективно извлекать различные ионы из растворов, обеспечивая их концентрирование.

Для производства высокопрочного бетона используется смесь цемента и добавки, содержащей 60% клиноптилолита и морденита (в пропорции от 19:1 – до 6:1). Это позволяет, получать бетон с большей сопротивляемостью сжатию, чем у портландцемента.

Частичная замена клинкера на 15—20% цеолита позволяет получать цемент марки 400, 500, пуццолановый портландцемент марки 300 с сокращенным временем начала и конца схватывания. Цеолиты применяются также в качестве

активной минеральной добавки и вяжущего компонента силикатных бетонов и гипсо-цементно-пудцоланового вяжущего компонента, и бетонов на их основе.

Комплексные исследования продуктов гидратации цемента показали наряду с увеличением количества новообразований (увеличение потерь массы с 14,5 % до 18 %) возрастание удельной поверхности на 20 - 30 % у образцов с включением активированных цеолита и модификаторов на его основе.

Полученные результаты показывают, что для использования цеолитов в качестве эффективных модификаторов необходимо создать большое число активных центров в его структуре, способных повлиять на формирование заданной структуры. В бездефектной структуре цеолитов ОН-группы отсутствуют благодаря присутствию катионов 1-ой группы, компенсирующих заряд кремний - алюмокислородного полианиона. Небольшое количество ОН-групп может образовываться на внешней поверхности, а также при гидролизе и аморфизации. Для использования цеолитов как катализаторов реакций кислотного типа проводят специальные обработки, приводящие к образованию ОН-групп. В результате образуются два типа гидроксильных групп, водород в которых связан с атомами кислорода. Интенсивная обработка цеолита в жидкой среде увеличивает дефектность его структуры и скорость формирования структурных ОН-групп. Повышение концентрации гидроксидов усиливает комплексообразование атомов кремния с ОН-группами до координационных чисел 5-6, а это, в свою очередь, с учетом изменения рН создает условия для повышения полимерности силикатных анионов.

Увеличение количества низкоосновных гидросиликатов кальция сказывается на прочностных показателях композиций, что в свою очередь позволяет получать высокопрочный и быстротвердеющий цемент на основе рядового или уменьшить его расход до 20-30 % без снижения марки бетона.

Увеличение номенклатуры цеолитов (на сегодня известно около 600 цеолитов, в том числе природных - 50) за счет синтетических цеолитов, обладающих уникальными свойствами, позволяет значительно расширить количество модификаторов на их основе.

При испытании образцов из цементобетонных смесей на кафедре «Автомобильные дороги» Брянского государственного инженерно- технологического университета были получены следующие прочностные показатели, представленные в таблице 1.

Наибольшее значение прочности при сжатии и изгибе достигается при водоцементном отношении 0,29...0,31. Значения прочности при недостаточном и избыточном количестве воды имеют величины ниже величины прочности эталонного образца с водоцементным отношением 0,4.

Таблица 1 – Прочностные показатели цементобетонов

№ рецепта	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	Цеолит, кг	С-3, кг	Вода, кг	Прочность ц/бетона при сжатии, МПа	Прочность ц/бетона при сжатии, МПа
Время набора прочности							28 суток	90 суток
1	560	650	1060	-	9,5	160	45	54
2	560	590	1060	70	12,5	160	52	62
3	560	590	1060	70	15,5	165	54	64

Заключение

Цеолиты, являясь алюмосиликатами щелочных и щелочно-земельных металлов, служат активной минеральной добавкой при изготовлении бетонов марок по прочности 100-400. При этом внесение в состав бетонов цеолита в оптимальных количествах позволяет уменьшить расход цемента в среднем на 50 кг на 1 куб.м бетона при сохранении марки.

Список литературы

1. В.В. Плотников. Модифицированные вяжущие композиции. – Брянск: БГИТА, 1999. - 204 с.
2. Каприелов С.С. Модифицированные бетоны нового поколения в практике современного транспортного строительства. Ж – л «Дороги России XXI века» № 1 / 2003. – М.: НИИЖБ, 2003. – С. 28-32.
3. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Гуськов К.И., Синявский Т.С. О новых бетонных смесях для покрытий автомобильных дорог. - Европейские научные исследования: сборник статей III междунар. науч.- практ. конф. – / Под общ. Ред. Г.Ю. Гуляева: Пенза (23 сентября 2017) МЦНС «Наука и просвещение», 2017. - 208 с. - С.45-48.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В ДОРОЖНО- СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Токар Н.И., Makeenko К.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье собрана, систематизирована, проанализирована и обобщена информация по указанным критериям и даны конкретные рекомендации по повышению эффективности использования цементобетонных покрытий за счёт применения модифицированных добавок

Современный этап экономики России характеризуется возрастанием конкуренции на рынке, созданием технологических инноваций, в том числе в области совершенствования цементобетонных покрытий автомобильных дорог, особенно в условиях роста цен на органические вяжущие. Рынок требует создания высококачественной продукции, отличающейся от всех остальных товаров. В этих условиях внедрение инноваций в производственный процесс становится важнейшим фактором повышения конкурентоспособности продукции в том числе цементобетонных покрытий.

Повышение конкурентоспособности предприятий дорожно-строительного комплекса напрямую зависит от усиления конкурентных позиций в регионе. Наибольшее влияние на развитие предприятий оказывают технологические инновации.

Технологические инновации представляют собой конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового либо усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового либо усовершенствованного процесса или способа производства, используемых в практической деятельности [5].

Технологические инновации обуславливают такие конкурентные преимущества как качество продукции, придание изделию новых потребительских свойств, делающих его более привлекательным.

Отличительной особенностью цементобетона, применяемого при строительстве автомобильных дорог и аэродромов, является способность выдерживать действие динамических и изгибающих нагрузок, истирание и агрессивное воздействие атмосферных факторов. Наиболее перспективным в настоящее время является дорожный бетон с прочностью, соответствующей по величине классу не ниже $B_{tb}4,8$ (марок не ниже $R_{tb}60$). Эта величина прочности цементобетона определяет высокую несущую способность покрытий, их выносливость и трещиностойкость. В настоящее время для приготовления высокопрочных мелкозернистых бетонов применяются комплексные модификаторы нового поколения, в которых одним из основных компонентов используется микрокремнезем. Альтернативным и более перспективным направлением является применение модифицирующих микронаполнителей [2, с. 95].

Из многочисленных видов добавок-пластификаторов, исследованных у нас в стране различными научно-исследовательскими институтами, наиболее доступным и освоенным отечественной химической промышленностью и строительным производством оказались суперпластификатор С-3 и комплексная добавка С-3+СНВ. Суперпластификатор С-3 представляет собой водорастворимый сульфидированный продукт на нафталинформальдегидной основе. В состав С-3 входит также некоторое количество пластификатора ЛСТ (технических лигносульфонатов) и сульфата натрия. Добавки С-3 и С-3+СНВ выпускаются в жидком виде, в виде водного раствора 33 – 39 % концентрации, и в порошкообразном состоянии. Добавка С-3 остаётся сегодня одной из самых эффективных отечественных пластифицирующих добавок в цементобетоны, сравнимая с зарубежными аналогами («Мельмент», «Майти», «Мапей», «Woerment» и др.) [4, с.79].

Принцип действия добавки С-3 в бетоне, как и других пластификаторов, основывается на ослаблении коагуляционного взаимодействия новообразований в цементном тесте в первые часы после затворения сухих составляющих бетонной смеси водой, на диспергирующем действии добавки в цементных системах.

Однако полагаться только на один вид добавок не рационально. Исследования в области повышения качества цементных бетонов показывают, что на сегодняшний день существуют достаточно перспективные разработки. Например, существует технология использования литых бетонных смесей. При использовании таких смесей с осадкой конуса более 20 см отпадает необходимость применения вибрационной техники. Использование литых бетонных смесей вместо смесей с осадкой конуса 1-4 см позволяет на 10% снизить расход цемента и сократить трудозатраты [1, с. 35].

Установлено, что введение гиперпластификатора улучшает удобоукладываемость бетонной смеси при любых расходах цемента. При расходах гиперпластификатора от 0,8% до 1,2% от расхода цемента получены подвижные смеси с пониженным расходом воды на 20 % по сравнению с бетонной смесью на основе С-3. Введение микрокремнезема в литую бетонную смесь значительно влияет на прочность бетона, при этом максимум прочности достигается при расходе микрокремнезема в пределах 7-12 % массы цемента. При дальнейшем увеличении доли добавки прочность практически не повышается [3, с. 33].

Еще одна комплексная минерально-химическая добавка - «БИО-НМ» по основному эффекту действия относится к добавкам, снижающим проницаемость бетонов и растворов, что повышает их стойкость при эксплуатации в агрессивных средах. Проведено исследование прочности образцов бетона, изготовленных по стандартному рецепту и с добавкой «БИО-НМ» в количестве 2, 3 и 5%. По результатам, представленным на рисунке 1 видно, что наибольшую прочность в возрасте 28 суток имеют образцы с добавками в количестве 3% и 5%. При этом видно, что разница в прочности образцов весьма незначительна, поэтому вполне достаточно добавлять 3% «БИО-НМ» для получения бетона высокой прочности.

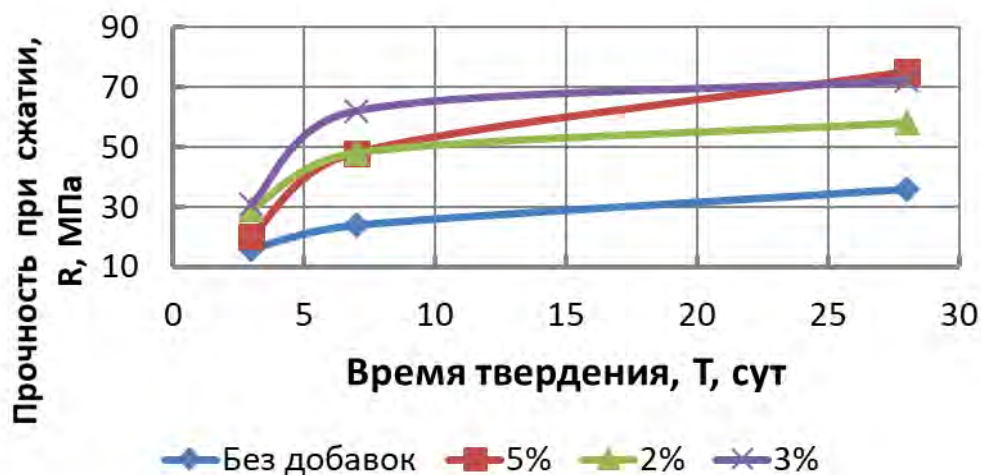


Рисунок 1 – Сравнительные характеристики бетонов с добавкой «БИО-НМ»

Как показали исследования и наблюдения за дорогами, работающими в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях и при повышенных транспортных нагрузках, для повышения их эксплуатационных показателей, целесообразно устраивать покрытия из бетонных смесей, армированных стальными или другими фибрами.

Применение фибры позволяет также увеличить в 2-3 раза расстояние между температурными швами покрытия, а в отдельных случаях отказаться от их устройства.

В результате исследований теоретически и экспериментально обоснована возможность применения высокоэффективного мелкозернистого цементобетона для мелкоштучных дорожных плит, используемых на тротуарах и пешеходных

дорожках за счет введения в состав цементобетона комплексных микронаполнителей, полученных совместным помолом в шаровой мельнице в течение 60 мин кварцевого песка, анионного поверхностно-активного вещества нафталин-формальдегидного типа и гидрофобизатора на основе смесей кальциевых солей стеариновой, стеариновой и синтетических жирных кислот - для микронаполнителя на основе песка, а так же волластонита и анионного поверхностно-активного вещества нафталин-формальдегидного типа - для микронаполнителя на основе волластонита.

В результате разработаны оптимальные параметры приготовления микронаполнителей, обеспечивающие его получение в виде устойчивых микропорошков с максимальным содержанием частиц фракций 81,1-99, 99-121 и 121-148 мкм – 70,7 % - для микронаполнителя на основе кварцевого песка и частиц фракций 66,4-81,1, 81,1-99 и 99-121 мкм – 73,5 % - для микронаполнителя на основе волластонита. Установлено, что адсорбция частиц ПАВ на поверхности исходных материалов способствует интенсификации процесса помола исходных сырьевых компонентов, образованию частиц более «правильной» формы, улучшению стабильности при обработке диспергируемого материала, стабильности при хранении и сроки хранения микронаполнителей, что повышает эффективность сухих порошкообразных композиций при их введении в состав мелкозернистых цементобетонных за счет стабилизации физикохимических свойств, путем уменьшения адгезии между частицами микронаполнителя.

В ходе проведенных экспериментов подтверждено, что микронаполнитель разработанный на основе кварцевого песка оказывает уплотняющее воздействие на структуру мелкозернистого цементобетона, способствуя созданию условий для сближения частиц, способствующих интенсификации физико-химического и химического взаимодействия на границе раздела фаз, а также переплетению гидратных фаз, имеющих различную структуру и геометрические размеры.

В результате установлена эффективность применения микронаполнителя на основе волластонита, связанная с его микроармирующими свойствами, обусловленными образованием в результате механического измельчения кристаллов игольчатой формы, химически родственных цементосодержащим сырьевым композициям, способствующим активной избирательной адсорбции продуктов гидратации связующего, что оказывает существенное влияние на реологические параметры цементных композитов, формирование структуры, а так же их прочностных и деформативных свойств.

Комплексный микронаполнитель на основе песка состава кварцевый песок + суперплатификатор С-3 (1 %) + гидрофобизатор стеарат кальция (0,5 %) позволяет получить изделия с прочностью при сжатии до 50 МПа, при изгибе 7,7 МПа, истираемостью 0,19 г/см, водопоглощением 2 %, морозостойкостью более F100, что доказывает эффективность его применения в мелкозернистом цементобетоне при содержании 10 % от массы песка. Показано, что за счет синергетического эффекта при формировании микроструктуры связанного с образования низкоосновных гидросиликатов кальция и ускорения процессов гидратации нитратом кальция, прочность мелкозернистого цементобетона на кварцевом песке

через 3 суток твердения возрастает в четыре раза, а через 28 суток - в 2,7 раза, а водопоглощение снижается в 2,4 раза.

Экономическая эффективность устройства цементобетонных покрытий с применением разработанных микронаполнителей обусловлена улучшением их качественных характеристик и ускорением ввода объектов в эксплуатацию при возможном снижении материальных затрат за счет экономии цемента на 10-15 % без потери прочности.

Для расчета требуемых инвестиций в реализацию производства составлен бизнес-план, в соответствии с которым экономический эффект за четырехлетний период реализации проекта по производству микронаполнителя на основе кварцевого песка составляет 36,5 млн. руб. При выходе на полную мощность цементобетонный завод сможет получать более 15,5 млн. руб. в год чистой прибыли от продажи производимой продукции, при этом безубыточный объем продаж микронаполнителя составит 18,6 млн. руб., а безубыточный объем производства - 2,7 тыс. м³ в год. Затраченные капиталовложения на переоборудование цементобетонного завода, а также приобретение, доставку и монтаж оборудования в размере 10,5 млн. руб. окупятся через 2 года и 10 месяцев с начала ввода оборудования в эксплуатацию.

Экономический эффект от использования микронаполнителя при стоимости модифицированного мелкозернистого цементобетона класса В20 равной 3253 рубля за 1 м³ составляет 368 руб./м³ в сравнении со средней стоимостью бездобавочного мелкозернистого цементобетона аналогичного класса в Брянском регионе.

Технико-экономические расчеты показали: потребность в инвестициях составит 2 млн. 500 тыс. руб. при ставке дисконтирования - 18 %, чистый дисконтированный доход (NPV) - 2 млн. 540 тыс. руб, индекс доходности (IP) - 1,85, внутренняя норма доходности (IRR) - 77 %, срок окупаемости - 1 год 9 месяцев.

По результатам исследования можно сделать вывод, что введение добавок – один из наиболее эффективных факторов, повышающих конкурентоспособность применения цементобетона при сооружении покрытий для аэродромов, при строительстве дорог, пешеходных дорожек и тротуаров, при закладке бассейнов или иных гидротехнических сооружений.

Для повышения конкурентоспособности использования цементобетонных покрытий необходимо повысить инновационную активность специалистов. Основным инструментом поддержки станет государственная помощь, которая позволит создать технологии и продукты нового поколения, выиграть конкуренцию с зарубежными производителями на внутреннем и мировом рынках.

Список литературы

1. Каримов И. Влияние тонкодисперсных минеральных наполнителей на прочность бетона // Бетоны и сухие смеси. - 2008. - 3Б (60). - С. 35-38.
2. Баженов Ю.М., Лукутцова Н.П., Карпиков Е.Г. Мелкозернистый бетон, модифицированный комплексной микродисперсной добавкой // Вестник МГСУ. - 2013. - №2. - С. 94-100.

3. Шейнин А.М., Эккель С.В. Использование микрокремнезёма в дорожном бетоне // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2005. — №2.- с.28-33.
4. Попова Е. С. Повышение качества дорожного покрытия путем применения цементобетона [Текст] // Современные тенденции технических наук: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2015 г.). — Казань: Бук, 2015. — С. 76-79.
5. Единая межведомственная информационно – статистическая система// Режим доступа: <http://www.fedstat.ru/indicators/start.do>. (Дата обращения: 15.10.2018)

ЗАЕЗДНОЙ «КАРМАН»: ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БРЯНСКА

Тулянкина Н.А, Тулянкин С.Ю. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В современных условиях нормы проектирования очень быстро устаревают и не содержат достаточной информации, что позволяет трактовать их в интересах строителей. А это может привести к созданию ситуаций, опасных для жизни и здоровья потребителей. Так, в нормативах по проектированию остановок общественного транспорта нет точных указаний по проектированию поперечных профилей заездных «карманов».

Согласно п. 5.3.3 ГОСТ Р 52766-2007 «Требования к остановочным пунктам на участках дорог в пределах населенных пунктов» остановка общественного транспорта должна включать такие элементы: остановочная площадка; посадочная площадка; заездной «карман»; боковая разделительная полоса; тротуары и пешеходные дорожки; автопавильон; пешеходный переход; скамья; урна для мусора; технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, ограждения); освещение (при расстоянии до места возможного подключения к распределительным сетям не более 500 м).

Остановка автобуса (троллейбуса и др.) в крайней правой полосе может привести к резкому торможению машин, следующих за ним, чем создаст опасную ситуацию, которая может закончиться аварией.

При наличии двух полос движения и отсутствии кармана остановившееся для высадки пассажиров транспортное средство ограничивает обзор для водителя автомобиля, движущегося по левой полосе. Так, 14.06.2018 в городе Брянске на улице 22-го Съезда КПСС был совершен наезд на пешехода со смертельным исходом. В сентябре 2018 года был проведен опрос среди 50 водителей маршрутных транспортных средств на тему «Насколько нужны заездные карманы на остановках ОТ в городе Брянске». Все опрошенные водители сообщили, что этот элемент остановок улучшает движение транспортного потока, позволяя продолжать непрерывное движение при отсутствии необходимости заезда на остановку.

Нормативными документами при проектировании заездных карманов являются ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования (с изм. от 10.04.2018) [1], ОСТ 218.1.002-2003 Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования (актуализация 01.01.2018) [2] и «Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений» (далее – Рекомендации) [3].

Все эти документы устанавливают минимальные и максимальные размеры элементов остановок общественного транспорта (далее – ОТ). Согласно п. 5.3.3.4 ГОСТ Р 52766-2007 заездные карманы для автобусных остановок должны иметь участки отгонов по 20-30 м, участок торможения по 30 м и разгона по 40 м. Размер самой остановочной площадки должен быть длиной от 20 до 60 м (рисунок 1) [1].

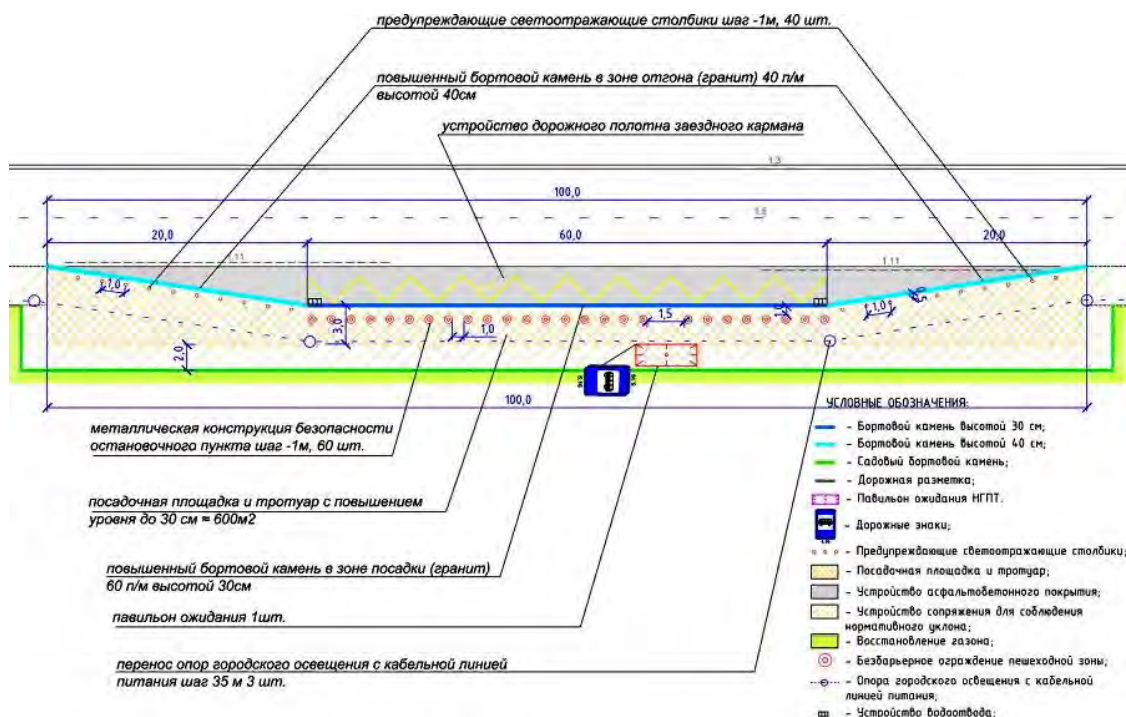


Рисунок 1 – Типовая проектная схема остановки общественного транспорта

95% несчастных случаев на дороге происходит в результате человеческой ошибки, 30% – в результате ошибки в конструкции дорог и 10% являются результатом механических дефектов транспортных средств [4]. 30% – огромная цифра, и в это число входят ДТП, происходящие вблизи остановок общественного транспорта.

На примере улично-дорожной сети города Брянска было выявлено, что остановки ОТ не соответствуют установленным нормам. Вместо положенных 20-30 м участки отгонов имеют длину 5-10 м. Крупногабаритному общественному транспорту (автобус, троллейбус) сложно вписаться в конфигурацию «кармана», чтобы подъехать близко к бордюру и высадить пассажиров на посадочную площадку, а не на проезжую часть (рисунок 2).

Нормативными документами не установлен такой параметр, как уклон остановочной площадки на остановочном комплексе. Согласно ГОСТ Р 52766-2007 «карман» является часть дороги, то есть напрашивается вывод, что уклон должен быть таким же, как и на проезжей части, к остановке.

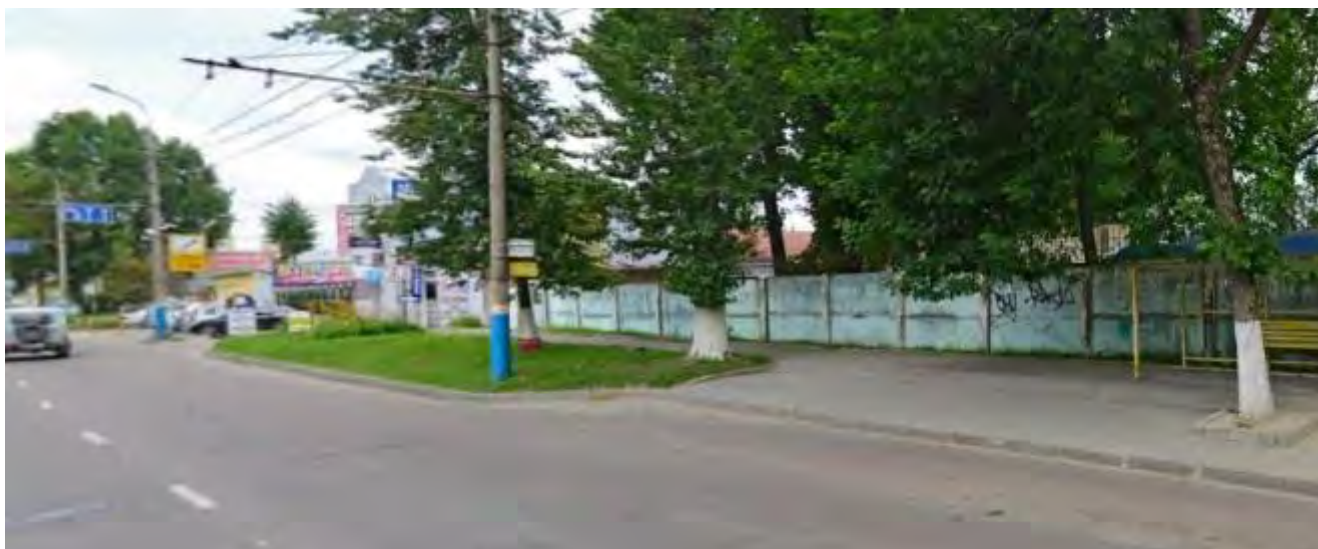


Рисунок 2 – Реальные размеры полос отгона на улице Советской

Очень часто наблюдается обратное. На улице Советской, и не только, на заездных «карманах» устроен «обратный» уклон от бордюра к кромке проезжей части. Строители поясняют, что это делается, чтобы не собиралась вода перед посадочной площадкой. Но этого можно избежать, контролируя продольный уклон. Также «обратный» уклон может создать опасную ситуацию при скольжении покрытия. Если транспортное средство недостаточно близко подойдет к посадочной площадке, то пассажиры, как на выходе, так и на входе, поскользнувшись, попадут под автобус. Также важную роль играет человеческий фактор и культура вождения.

Заключение

Рекомендуем внести в нормативные документы требования к продольному и поперечному уклону остановочной площадки при проектировании в соответствующий раздел.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования - Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2008. – 32 с.
2. ОСТ 218.1.002-2003 Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования (актуализация 01.01.2018) – Москва: ФГУП «Информавтодор», 2003. – 21 с.
3. Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений – Москва: ЦНИИП градостроительства, - 1992. – 89 с.
4. Скворцов О.В. Плохие нормы – плохие дороги. САПР и ГИС автомобильных дорог, №2(3), 2014, стр. 57-52.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Благодер Т.П., Филиппова Т.Я., Митина О.М. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В последнее время возросло количество чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера в связи с изменением климата, погодных условий, тектоническими движениями земной коры и т.д. Аварии и чрезвычайные ситуации неизбежны, поскольку повлиять на природные явления невозможно. В связи с этим важно заблаговременно предупредить о возникновении чрезвычайной ситуации, а также оперативно и объективно провести оценку бедствия. Экономический ущерб является главным показателем при оценке общего ущерба при чрезвычайных ситуациях, так как на устранение последствий и стабилизацию социально-бытовой и производственной обстановки нужно финансирование. Таким образом, актуальность объективной оценки экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций и аварий в современных условиях очевидна. В статье представлены критерии и методики оценки экономического ущерба при чрезвычайных ситуациях, применяемые в настоящее время.

В связи с ухудшением техногенной обстановки в мире может оказаться, что даже небольшие отдельные стихийные бедствия и природные катаклизмы смогут усилить друг друга и вызывать последствия, проявляющиеся на макроэкономическом уровне. Только в первые месяцы 2018 года в центральной части России было неоднократно объявлено о режиме чрезвычайной ситуации из-за бушующих снегопадов, кроме того по прогнозам центра "Антистихия" традиционно представлять опасность будут все риски циклического характера, связанные с сезонным изменением погодных условий: весенние паводки, риски природных пожаров и т.д. Подобные чрезвычайные ситуации оказывают влияние практически на все жизненные сферы человечества и природную среду. Большое внимание в настоящее время уделяется экономическому обеспечению мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций как основному элементу обеспечения безопасности населения, объектов экономики и территорий в очагах поражения.

Чрезвычайные ситуации могут оказывать влияние на экономику как в государственном масштабе, так и на уровне отдельных субъектов путем изменения экономических показателей. В масштабах страны, то есть на макроуровне, на экономику влияют катастрофы природного и техногенного характера, оказывающие воздействие на уровень валового национального продукта, равновесие совокупного спроса и предложения на рынке, доходы населения, величину экспорта и импорта, финансовую систему страны, совокупное потребление, активность предпринимательской деятельности, фискальную политику государства, сбережения и инвестиции, рынок труда, цикличность экономического роста и др. На микроуровне чрезвычайные ситуации оказывают значительное воздействие на функционирование производственных объектов [5]. Возникают изменения та-

ких экономических категорий, как количество и качество выпускаемой продукции, спрос и предложение на рынке, рентабельность работы предприятия, товарооборот, замещение потребностей, издержки производства, прибыль от выпускаемой продукции, заработная плата, конкурентоспособность выпускаемой продукции и др.

Экономический ущерб — это величина фактических или возможных негативных экономических потерь от чрезвычайной ситуации, выраженная в денежных единицах или процентах от стоимости оцениваемого объекта [3]. Экономический ущерб принято подразделять на прямой и косвенный (рис. 1).

Прямой ущерб включает частичную или полную потерю природного капитала в виде разрушения экосистем и реального (физического, производственного) капитала в форме материальных средств, а также демографический ущерб вследствие миграционного оттока из зоны чрезвычайной ситуации, дополнительной заболеваемости и смертности в результате природной катастрофы. Таким образом, прямой ущерб принято делить на хозяйственно-бытовой и демографический.

Косвенный ущерб образуется в результате действия вторичных поражающих факторов и отражает упущенную выгоду физического или юридического лица в связи с приостановкой или полным прекращением деятельности в зоне чрезвычайной ситуации. Потери доходов на государственном уровне могут рассчитываться через изменение динамики стандартных макроэкономических показателей и варьироваться во временных показателях как кратко- или среднесрочный (до нескольких лет) и долгосрочный (от одного до нескольких десятилетий) ущерб. Особенностью косвенного экономического ущерба является то, что его составляющие, как правило, не поддаются документальному подтверждению. Они определяются с помощью экспертной оценки или по соответствующим методикам [1].



Рисунок 1 – Классификация экономического ущерба

Полный ущерб определяется на конкретный момент времени и является промежуточным, по сравнению с общим ущербом, который определится спустя определенное время. Необходимость рассмотрения распределенных во времени или отдаленных проявлений ущерба особенно важна для ЧС, связанных с воздействием на компоненты окружающей среды или воздействием радиоактивных материалов. Полный экономический ущерб, исходя из вышеизложенного, может быть определен как сумма прямого и косвенного экономического ущерба:

$$Y = Y_{\text{п}} + kY_{\text{к}} \quad (1)$$

где k – коэффициент, учитывающий параметры временных затрат;

Y – полный экономический ущерб от ЧС;

$Y_{\text{п}}$ – прямой экономический ущерб;

$Y_{\text{к}}$ – косвенный экономический ущерб.

Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №68-ФЗ “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” является первым законодательным актом в России, определяющим задачи единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Снижение потерь от чрезвычайных ситуаций и размеров ущерба и является главной целью настоящего закона. В связи с этим начата разработка методик оценки экономического ущерба как важнейшего показателя экономических последствий чрезвычайных ситуаций.

Для оценки экономического ущерба используются следующие методы:

- 1) статистический;
- 2) метод экспертных оценок;
- 3) комбинированный.

Статистический метод основан на сборе, обработке статистических данных по каждому оцениваемому элементу и построении зависимостей в виде кривых регрессий, показывающих изменение признаков, образующих ущерб, в зависимости от значения поражающих факторов. Зная эти факторы можно определить размер натуральных потерь. Итоговый показатель опасности экономического ущерба может быть получен как сумма ожидаемых потерь элементов, образующих ущерб. Если умножить показатель потерь на соответствующий стоимостный показатель, то в результате можно получить величину экономического ущерба.

Применение метода экспертных оценок показано при отсутствии статистических данных или при недостаточной изученности явления. Его суть заключается в опросе мнений специалистов, имеющих опыт научных исследований по данной проблеме и практической работе в данной сфере деятельности. Обработка результатов опроса позволяет систематизировать и приблизительно оценить экономический ущерб.

Наиболее точная оценка опасности от чрезвычайной ситуации может быть получена при использовании комбинированного метода, включающего в себя уровень детализации оцениваемого элемента, анализ факторов, образующих ущерб, наличие статистических данных о похожих чрезвычайных ситуациях в прошлом и их экономических последствиях [4].

Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

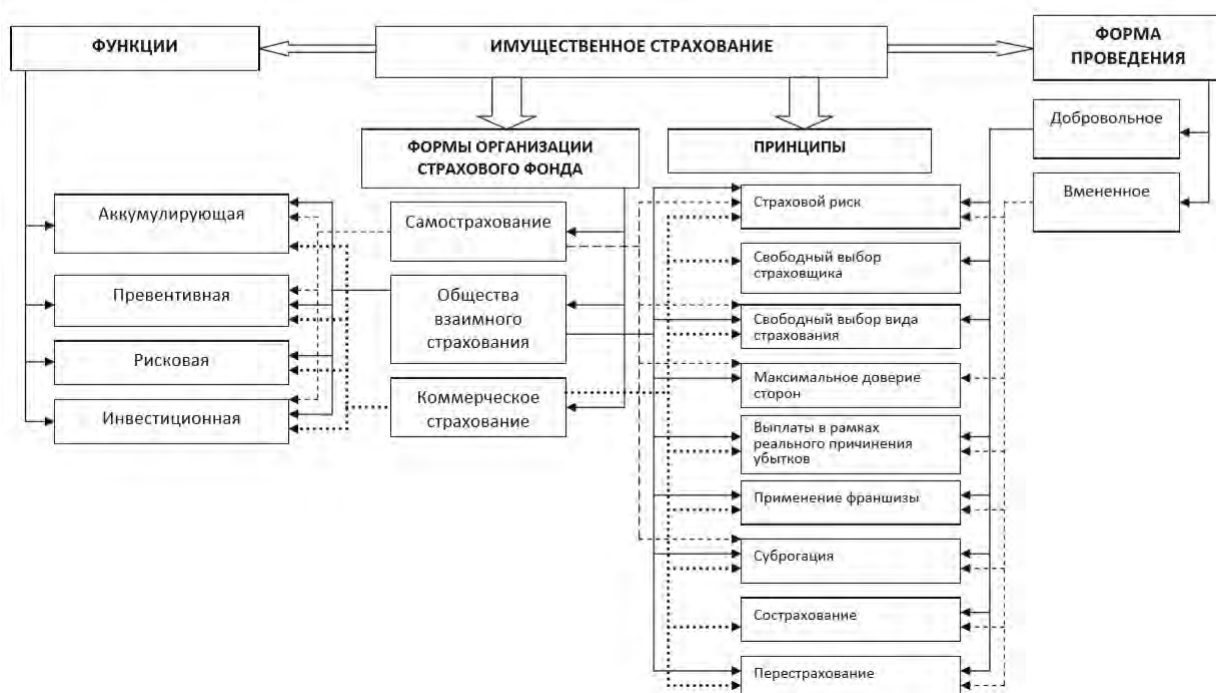


Рисунок 2 – Классификация имущественного страхования

За счет государственных бюджетных и внебюджетных фондов обеспечить полное покрытие ущерба от природных катастроф невозможно, тем самым остаточный риск перекладывается на страхование. Роль страхования состоит не только в полной и своевременной компенсации ущерба, но и в экономической заинтересованности страхователей в снижении уязвимости от стихийных бедствий. Классификация страхования представлена на рисунке 2. Страхование чрезвычайных ситуаций включает в себя страхование расходов по локализации и ликвидации последствий от чрезвычайных ситуаций, а также ответственности перед пострадавшими во время пожара.

Наличие договора страхования физического или юридического лица позволяет:

- 1) создать резерв финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций, избежав административной ответственности в соответствии со ст. 20.6 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ, не отвлекая от основной деятельности существенные финансы, которые можно использовать для развития бизнеса и т.п.;
- 2) дать оценку возможного ущерба имуществу третьих лиц от пожара;
- 3) сохранить денежные средства организации при наступлении бедствия;
- 4) минимизировать расходы организации при формировании резерва финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций [2].

Кроме того, отдельно выделяют объекты, которые обязаны формировать резервный фонд. К ним относятся потенциально опасные объекты (радиационно и химически опасные объекты; взрывоопасные, пожароопасные и взрывопожароопасные объекты; газопроводы; нефтепроводы; нефтепродуктопроводы; промышленные трубопроводы; ГТС) и объекты защиты (продукция, в том числе имущество граждан или юридических лиц, государственное или муниципальное

имущество, к которой установлены или должны быть установлены требования пожарной безопасности для предотвращения пожара и защиты людей при пожаре).

В прошлом году страховой ущерб от стихийных бедствий (рисунок 3), включая три масштабных урагана «Харви», «Ирма» и «Мария», был рекордным - \$135 млрд., о чем свидетельствуют данные крупнейшей в мире перестраховочной компании Munich Re.

Для мировой экономики совокупные потери в 2017 году составили \$330 млрд., что соответствует второму по величине результату в истории наблюдений. Число погибших в природных катастрофах в прошлом году оценивается в 10 тыс. человек, тогда как средний показатель за 10 лет - 60 тыс. Убытки от сезона ураганов в 2017 году стали максимальными за все время наблюдений - \$215 млрд., из них застрахованы менее 43% - \$92 млрд. Это показывает важную роль страхования при компенсации финансовых потерь. Наиболее существенный ущерб экономике в августе 2017 году нанес ураган «Харви». Munich Re оценивает совокупные экономические потери от «Харви» в \$85 млрд., за всю историю наблюдений по этому показателю он уступает лишь урагану «Катрина». Однако из-за низкой доли застрахованного имущества в регионе распространения «Харви» убытки страховщиков составили около \$30 млрд. Для страховщиков самым дорогостоящим оказался сентябрьский ураган «Ирма» - страховые выплаты превысили \$32 млрд. при общем экономическом ущербе порядка \$67 млрд.



Рисунок 3 - Последствия ураганов
а) «Харви» (Техас, август 2017); б) «Ирма» (о.Кабо-Верде, август 2017);
в) «Мария» (Доминика, сентябрь 2017)

Проблема оказания помощи, пострадавшим во время чрезвычайных ситуаций приобретает глобальный характер, так как уже сейчас экономический ущерб от природных бедствий значительно превышает финансовые возможности мирового сообщества.

Подобное положение вещей вынуждает учитывать риски возможных экономических последствий при разработке стратегических планов развития страны, государственной финансовой политики, прогнозов социально-экономического развития государства и макроэкономических программ.

Заключение

Экономический ущерб в результате чрезвычайных ситуаций носит, как правило, системный характер. Его учет на государственном уровне при разработке стратегии развития программы социально-экономического развития позволит обеспечить макроэкономический рост и снизить уровень негативных последствий от чрезвычайных ситуаций.

Знание возможных экономических последствий (в денежных единицах) воздействия чрезвычайных ситуаций способствует правильному формированию и своевременному осуществлению экономических механизмов защиты объектов экономики, населения и территорий от их последствий, что позволяет значительно снизить социально-экономический ущерб и эффективно использовать финансовые и материально-технические ресурсы для повышения уровня безопасности.

Список литературы

1. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sao.mos.ru/doc/mchs_ocenka.doc. – (дата обращения 28.09.2018г.)
2. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления рисками в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. - 352 с.
3. Вишняков Я.Д., Вагин В.И., Овчинников В.В., Стародубец А.Н. «Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях»: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [Я.Д. Вишняков и др.]. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008 г. - 304 с.
4. Кофф Г.Л., Гусев А.А., Воробьев Ю.Л., Козьменко С.Н. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций - М.: Издательско-полиграфический комплекс РЭФИА, 2007. - 364 с.
5. Порфирьев Б.Н. Экономическая оценка ущерба от природных бедствий и катастроф // Вестник РАН, 2014, № 12.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ В ОСНОВАНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Кузовлева И.А., Благодер Т.П., Вишталенко М.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье рассматриваются вопросы использования современных стабилизаторов при укреплении оснований автомобильных дорог. Авторы обращаются к вопросу экономической выгоды использования современных вяжущих материалов. В статье представлен анализ, позволяющий сделать выводы об эффективности применения таких вяжущих как: АНТ, ДорЦем, Наностаб.

В районах дорожного строительства, где нет каменных материалов, возникает необходимость в перевозках их за сотни километров, что увеличивает первоначальную стоимость этих материалов примерно в 4-6 раз и является причиной удорожания строительства. Поэтому весьма актуальна разработка методов укрепления грунтов вяжущими веществами.

Укрепление грунтов – это совокупность строительных операций по внесению вяжущих и других веществ, обеспечивающих существенное изменение свойств грунтов с приданием им требуемой прочности, деформативности, водостойкости и морозостойкости.

Для устройства дорожных и аэродромных оснований и покрытий из укрепленных грунтов, приготовленных в смесительных установках, применяют осадочные несцементированные крупнообломочные и песчаные грунты, супеси всех разновидностей, а при укреплении методом смешения на дороге и глинистые грунты с числом пластичности не более 22.

Укреплять суглинки и глины органическими и комплексными вяжущими рекомендуется при соблюдении следующих условий: суглинки от 12 до 17 и глины с числом пластичности до 22 - при введении добавок активных зол-уноса, шлаковых и золошлаковых смесей, песка из отсевов дробления карбонатных пород или природного крупнозернистого песка, материалов дробления и фрезерования цемента – и асфальтобетонных оснований и покрытий и т.п. Количество этих добавок должно приниматься в пределах 20-25 % массы улучшаемого грунта и уточняться при лабораторном подборе состава смеси.

С целью снижения расхода вяжущего, уменьшения затрат на материалы, повышения показателей физико-механических свойств укрепленных грунтов всех типов и трещиностойкости слоя из них, следует подбирать смеси оптимального состава (минимальной пористости) путем введения гранулометрических добавок (отходы камнедробления, золы уноса, золошлаковые смеси, естественные грунты, материалы дробления и фрезерования старых дорожных одежд и т.п.).

В качестве органических вяжущих для приготовления укрепленных грунтов чаще всего применяют битумы нефтяные дорожные, эмульсии битумные дорожные среднераспадающиеся классов: ЭБА-2, ЭБПА-2 (анионные), ЭБК-2, ЭБПК-2 (катионные) и медленнораспадающихся классов: ЭБА-3, ЭБПА-3, ЭБК-

3, ЭБПК-3 по ГОСТ Р 52128 [2]. Для укрепления грунтов комплексными вяжущими (совместно с цементом) применяют анионные эмульсии. Допускается применение других органических вяжущих (сланцевые битумы, вспененные битумы, битумные пасты, высокосмолистые нефти, универсины, полимерные эмульсии и латексы), удовлетворяющих требованиям действующих нормативных документов и обеспечивающих получение укрепленных грунтов в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Применение вышеперечисленных материалов оказывает существенное влияние на увеличение затрат при проведении дорожно-строительных работ, так как на эти цели требуется значительное количество используемых материалов.

В качестве минеральных вяжущих материалов для приготовления укрепленных грунтов применяют портландцемент для глинистых грунтов, а для всех других типов грунтов - шлакопортландцемент.

Рассмотрим несколько современных вяжущих, которые можно рекомендовать для укрепления грунтов в дорожном строительстве не только из-за их эффективности, но и снижения себестоимости строительства.

Стабилизатор «ANT». Это поверхностно-активное вещество. Стабилизатор создает новые кристаллические связи из макро- и микроэлементов, находящихся в грунте, посредством химических реакций. Процесс полимеризации веществ в грунте повторяет природное образование пород.

Формула «ANT» — это отечественная разработка. Являясь полностью органическим препаратом, воздействие «ANT» заключается в химической окислительной реакции в грунте, в ходе которой возникают новые кристаллические решетки-соединения, скрепляющие молекулы грунта либо же вспомогательные вяжущие. Кислород, попавший внутрь молекул почвы, изменяет структуры соединений, укрепляя их.

Раствор стабилизатора «ANT» готовится в емкости поливовой машины (цистерне) путем введения в расчетное количество воды (стабилизатора «ANT» в количестве 0,007% от массы обрабатываемого грунта (определено производителем). Количество стабилизатора рассчитывают по формуле:

$$Q_{ANT} = (L \times b \times h \times \gamma) \times 0,007 \times 0,01, \quad (1)$$

где Q_{ANT} – количество стабилизатора, кг;

γ – плотность грунта, кг/м³;

0,007 – норма расхода стабилизатора «ANT» от массы грунта.

В таблице 1 представлен примерный расчет стоимости материалов на 1 км основания автомобильной дороги III технической категории с применением стабилизатора ANT.

Таблица 1 - Стоимость материалов для устройства слоя основания с использованием стабилизатора ANT

Наименование ресурса	Единица измерен.	Сметная потребность		Стоимость	
		на м ²	общая	единицы	всего
1. «ANT»	кг	0,028	336	2200 руб.	739200 руб.
2. Цемент ПЦ-400	кг	20	240000	4.5 руб.	1080000 руб.
ИТОГО по строительным материалам:					1819200 руб.

ДорЦем ДС. ДорЦем – это материал, который применяется совместно с неорганическим вяжущим. ДорЦем на молекулярном уровне повышает прочностные показатели грунтобетонов и усиливает прочность, упругость, трещиностойкость и морозостойкость дорожной одежды. Это приводит к сокращению требуемой толщины конструкции дороги.

С применением ДорЦем принципиально изменяется процесс кристаллизации. Механизм связывания меняется от «склеивания» к «сплетению» — при попадании ДорЦем в материале начинают формироваться длинноигольчатые кристаллические связи, которые «оплетают» все элементы. По прочности они как кевларовые нити – прочные и гибкие. За счет этого эффекта и получают прочные, износостойкие конструкции.

В таблице 2 представлен примерный расчет стоимости материалов на 1 км основания автомобильной дороги III технической категории с применением ДорЦем.

Таблица 2 - Расчет стоимости устройства слоя основания
на 1 км дороги III категории на толщину 20 см

Наименование ресурса	Единица измерен.	Сметная потребность		Стоимость	
		на м ²	общая	единицы	всего
1. ДорЦем	кг	0,6	7200	350 руб.	2520000 руб.
2. Цемент ПЦ-400	кг	25	300000	4.5 руб.	1350000 руб.
ИТОГО по строительным материалам:					3870000 руб.

Наностаб. Это полимерная эмульсия «nanoSTAB», представляющая собой водную дисперсию стирол-бутадиен-полимера SiO₂. Данный модификатор создает прочные кристаллизационные и коагуляционные связи в грунте. Применение Наностаб рекомендуется совместно с минеральным вяжущим веществом. В этом случае модификатор способствует повышению физико-механических характеристик, а также снижению расхода минерального вяжущего.

Количество стабилизатора рассчитывают по формуле:

$$Q_M = (L \times b \times h \times \gamma) \times 0,005 \times 0,01, \quad (2)$$

где Q_M – количество стабилизатора, кг;

γ – плотность грунта, кг/м³;

0,005 – норма расхода стабилизатора «Nanostab» от массы грунта, % (значение определено производителем стабилизатора).

В таблице 3 представлен примерный расчет стоимости материалов на 1 км основания автомобильной дороги III технической категории с применением Наностаб.

Таблица 3 - Стоимость материалов для устройства слоя основания
с использованием стабилизатора Наностаб

Наименование ресурса	Единица измерен.	Сметная потребность		Стоимость	
		на м ²	общая	единицы	всего
1. Nanostab	кг	0,02	240	1860 руб.	446400 руб.
2. Цемент ПЦ-400	кг	32	384000	4.5 руб.	1728000 руб.
ИТОГО по строительным материалам:					2174400 руб.

По результатам проведенного расчета видно, что стоимость используемого материала ANT значительно снижает экономические затраты при проведении строительных работ (рисунок 1).

Использование материала ДорЦем не всегда является экономически выгодным, так как на проведение строительных работ требуется больший объем ДорЦема по сравнению с другими стабилизаторами (рисунок 2).

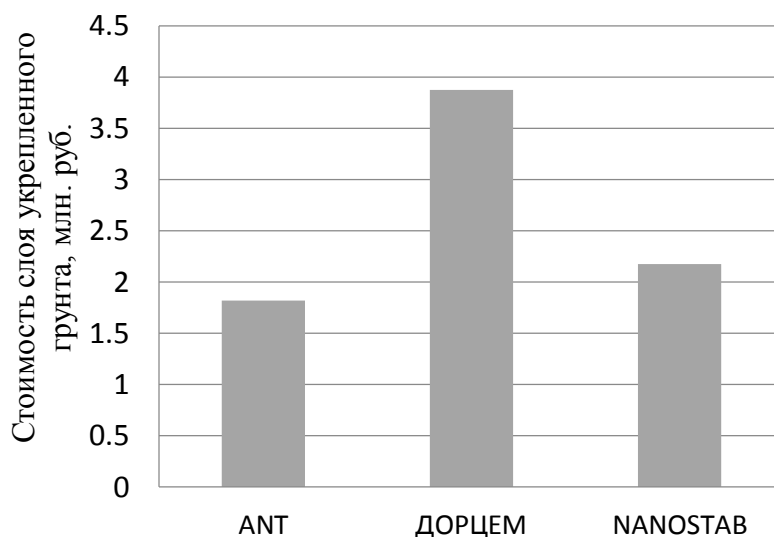


Рисунок 1 – Стоимость укрепленного грунта

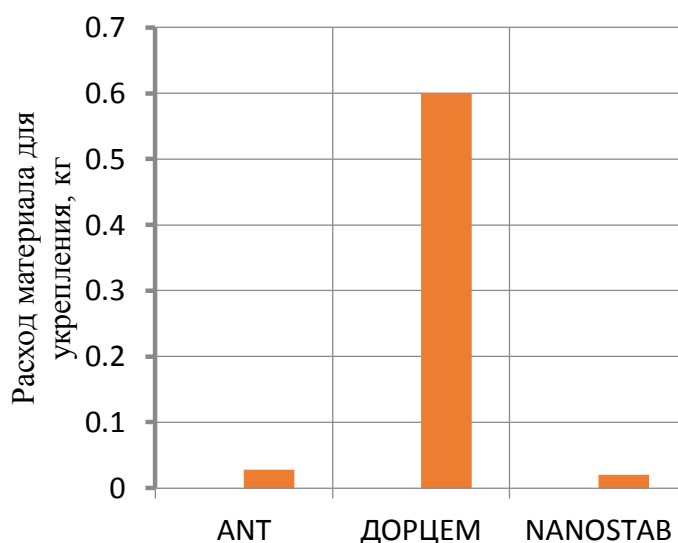


Рисунок 2 – Расход материалов для укрепления грунтов

На основе анализа результатов проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Показатели физико-механических свойств, модифицированных укрепленных глинистых грунтов с добавками стабилизатора «Nanostab» и «ANT» отвечают требованиям ГОСТ 23558-94. Введение стабилизатора «Nanostab» существенно (до 39 %) повышает прочность на сжатие укрепленных материалов, по сравнению с теми же составами, укрепленными только цементом.

2. С введением стабилизатора «Nanostab» и «ANT» более интенсивно увеличиваются значения прочности на растяжение при изгибе, соответственно до 20% и 38%, что свидетельствует об увеличении деформативности полученных материалов, а, следовательно, о повышении их трещиностойкости.

3. По морозостойкости укрепленные грунты, модифицированные добавкой стабилизатора «Nanostab» и «ANT», имеют марку по морозостойкости не ниже F25. Полученный модифицированный укрепленный материал пригоден для устройства верхних слоев земляного полотна при его переувлажнении, верхних и нижних слоев основания на дорогах III-IV категорий, а также покрытий со слоем износа на дорогах V категории во II и III дорожно-климатических зонах.

4. Сравнительная стоимость стабилизаторов и модификаторов, рассмотренных в данном исследовании показала, что наиболее экономичным является применение стабилизатора грунта «ANT».

Список использованных источников:

1. ГОСТ 30491-2012. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. – 16 с.

2. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. – М.: Транспорт, 2013. – 264 с

3. ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия (с Изменениями № 1, 2). - Государственный комитет СССР по делам строительства, 1987. - 6 с.

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ НА РЫНКЕ ПОДРЯДНЫХ РАБОТ

Кузовлева И.А., Бузуева Ю.С. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье акцентируется внимание на такой важной и актуальной в настоящее время проблеме как конкурентоспособность строительных организаций и пути ее повышения. Приводятся различные трактовки определения конкурентоспособности, рассмотрены методы ее оценки, а также предложены способы формирования конкурентных преимуществ предприятий регионального инвестиционно-строительного комплекса.

В условиях современной рыночной экономики важное значение приобрело понятие конкуренции как основного механизма регулирования экономических отношений и хозяйственного процесса. Наиболее остро проблема конкуренции в настоящее время проявляет себя в инвестиционно-строительном комплексе, который играет в экономике любого региона специфическую, как бы замыкающую (контурную) роль, так как его функциональным назначением является создание материально-технической базы, призванной обеспечивать условия для социально-экономического воспроизводства региона путем динамичного преоб-

разования денежной формы инвестиций в конкретные объекты производственного и непроизводственного назначения на его территории. Конкуренцию, как категорию, выражающую соперничество между предприятиями инвестиционно-строительного комплекса, определяют факторы, представленные на рисунке 1.

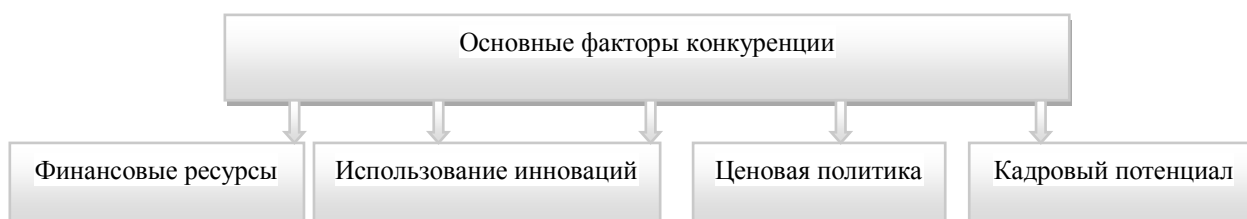


Рисунок 1 - Основные факторы конкуренции

На современном этапе экономического развития конкуренция, как движущая сила, вынуждает производителей постоянно искать новые пути повышения своей конкурентоспособности. Данное понятие является относительно новым для российской действительности, поэтому с точки зрения определения его экономической сущности необходимо внести уточнение самого термина "конкурентоспособность предприятия". Обзор трактовок понятия, осуществленный нами, представлен в таблице 1.

На наш взгляд, конкурентоспособность строительного предприятия – это, прежде всего, его способность бороться за рынок сбыта, то есть увеличивать, уменьшать либо сохранять занимаемую долю рынка в зависимости от выбранной стратегии экономического развития. Это достигается за счет максимально эффективного использования всех видов ресурсов предприятия и, как следствие, - достижения высокого уровня инвестиционной привлекательности, что в совокупности обеспечивает выпуск конкурентной продукции.

Таким образом, конкурентоспособность предприятия и продукции являются взаимосвязанными понятиями, они соотносятся между собой как целое и часть, ведь любое строительное предприятие является опосредованным носителем свойства конкурентоспособности через изготовленную им продукцию и (или) оказываемые услуги.

Конкурентоспособность можно определить только сравнивая товары (продукцию) конкурентов между собой. Таким образом, конкурентоспособность – понятие относительное, чётко привязанное к конкретному рынку и времени продажи, конкурентоспособность имеет индивидуальный оттенок.

Конкурентоспособность как предприятия, так и продукции определяется только теми свойствами, которые представляют заметный интерес для покупателя и, естественно, гарантируют ему удовлетворение данной потребности.

Потребность в строительной продукции – это надобность в зданиях и сооружениях, необходимых для поддержания нормальных условий жизнедеятельности людей и функционирования общества. Таким образом, производство конечной строительной продукции нацелено на непосредственно удовлетворение потребностей существования и опосредованно - потребностей достижения целей жизни людей [3].

Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах

Таблица 1 – Обзор подходов к определению понятия «конкурентоспособность предприятия» [1, 2, 4, 5].

Автор	Определение	Трактовка
Донцова Л.В.	Способность предприятия противостоять на рынке другим изготовителям аналогичной продукции (услуги) как по степени удовлетворения своими товарами конкретной общественной потребности, так и по эффективности производственной деятельности	Подход является достаточно полным, раскрывая сущность понятия как со стороны удовлетворения потребности потребителей, так и эффективности производственной деятельности предприятия.
Фатхутдинов Р.А.	Свойство объекта, характеризующееся степенью удовлетворения потребности по сравнению с аналогичными объектами, представленными на данном рынке. Конкурентоспособность определяет способность выдерживать конкуренцию в сравнении с аналогичными объектами на данном (внутреннем или внешнем) рынке	Не учитывается эффективность производственной деятельности предприятия.
Миронов М.Г.	Способность изготавливать и сбывать товар с большей конкурентоспособностью, чем у конкурента	Товарная ориентация подхода, что не может характеризовать его как всецело правильный.
Петров В.	Внутреннее свойство субъекта рыночных отношений, выявляемое процессе конкуренции и позволяющее занять свою нишу в рыночном хозяйстве капиталистического типа для расширения производства, что предполагает покрытие всех издержек производства и получение прибыли от легальной хозяйственной деятельности	Отражена связь с производственной деятельностью предприятия, но слабо акцентирована важность удовлетворения потребностей потребителей.
Светульников С.Г.	Свойство объекта, имеющего определенную долю соответствующего рынка, которое характеризует степень соответствия технико-функциональных, экономических, организационных и других характеристик объекта требованиям потребителей, определяет долю рынка, принадлежащую данному объекту, и препятствует перераспределению этого рынка в пользу других объектов	Основной акцент дан на удовлетворение потребностей потребителей, а также сохранения рынков сбыта.

Известно, что жилье является условием релаксации человека после напряжения, вызываемого давлением внешней среды. Следовательно, необходимость в жилье выступает как одна из потребностей существования, уровень удовлетворения которой, как нам представляется, может быть различным в современном обществе: минимальным, нормальным (базовым) или элитным.

Минимальный уровень удовлетворения потребности в жилье, в этом случае, обеспечивает человеку простое выживание в самых непритязательных жилищных условиях.

Нормальный уровень удовлетворения потребности – это, на наш взгляд, наличие стандартного (типового) жилья для людей определенной социальной

группы. Причем абсолютная величина этого уровня имеет значительную индивидуальную или групповую дифференциацию в современной России, находясь под воздействием многочисленных факторов объективного и субъективного характера.

Элитный уровень предполагает стремление к удовлетворению потребности в особо комфортабельном и престижном по функциональным, объемно-планировочным, технологическим, географическим, экологическим и эстетическим характеристикам жилом фонде, который соответствует мировым стандартам.

Удовлетворение потребностей существования на нормальном (базовом) уровне является необходимым условием формирования всех остальных потребностей, появления весомых интеллектуальных и духовных целей в жизни.

Исходя из этого, удовлетворение потребности человека в жилье на нормальном уровне служит основой для возникновения потребностей в строительной продукции, которая необходима для производства и сбыта потребительских товаров и оказания услуг различного характера, для изготовления средств производства.

Следовательно, изучение конкурентоспособности строительной продукции должно вестись непрерывно и систематически, чтобы своевременно улавливать момент начала снижения показателя конкурентоспособности и принять адекватные управленческие и экономические решения.

В настоящее время отсутствует общепринятая методика оценки конкурентоспособности предприятий.

Среди наиболее известных методов можно отметить матричный, разработанный «Boston Consulting Group», в основе которого лежит модель жизненного цикла товара и используются два критерия оценки уровня конкурентоспособности: темп роста отраслевого рынка и относительная доля рынка.

Заслуживает внимания также метод, основу которого составляет оценка продукции (товара) предприятия. Исходная позиция метода – конкурентоспособность производителя тем выше, чем выше конкурентоспособность его продукции. За критерий оценки конкурентоспособности товара (услуги) принимается соотношение цены и качества. Наиболее конкурентоспособен товар, имеющий оптимальное соотношение этих характеристик.

Наиболее часто на практике применяемый метод оценки конкурентоспособности предприятия – это метод, основанный на теории эффективной конкуренции, который дает представление о конкурентоспособности организации, охватывая наиболее важные аспекты ее хозяйственной деятельности – производственной, финансовой, маркетинговой, инвестиционной и т.д. Однако так как весовые коэффициенты, учитывающие степень важности различных показателей, определяются в этом случае экспертным путем, возможны искажения в расчете обобщающего показателя конкурентоспособности.

На наш взгляд, в качестве интегрированного показателя конкурентоспособности предприятия инвестиционно-строительного комплекса, целесообразно принимать его стоимость на соответствующем рынке.

Это связано с тем, что стоимость предприятия интегрирует в себе показатели, отражающие внутреннюю ситуацию в организации и ее внешнее окружение, и тем самым позволяет сопоставлять результаты деятельности различных экономических субъектов. Кроме того, использование показателя стоимости как главного фактора конкурентоспособности можно объяснить и изменением сущности функционирования предприятия на рынке подрядных работ. Ведь если до недавнего времени главной задачей любой коммерческой организации было получение прибыли, то в настоящее время приоритеты изменились. Проблема состоит в изменении статуса самой строительной компании - фактически она превратилась в товар, собственник которого желает получить за него максимальную цену на рынке.

На конкурентоспособность каждой организации влияет широкий спектр факторов, которые называют факторами ее конкурентного преимущества.

Факторы конкурентных преимуществ предприятия можно подразделить на внешние, проявление которых в малой степени зависит от организации, и внутренние, почти полностью определяемые руководством компании.

Практика показывает, что ключевыми условиями формирования конкурентных преимуществ предприятий регионального инвестиционно-строительного комплекса являются: завоевание устойчивого финансового положения на рынке подрядных работ региона и за его пределами; наличие современных технологий возведения зданий и сооружений, использование инновационных строительных материалов, отвечающих современным запросам потребителей; наличие высокого потенциала собственных научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; умение проводить и эффективно использовать маркетинговые исследования; способность к маневрированию за счет изменения качественных и ценовых характеристик готовой строительной продукции, а также оказания комплекса услуг, включающих инжиниринговые и консалтинговые услуги, техническое обслуживание, услуги транспорта и другие; реализация действенной рекламы и системы связи с общественностью; системный анализ слабых и сильных сторон основных предприятий-конкурентов на основе объективной информации.

Важную роль в повышении уровня конкурентоспособности строительных предприятий играет неукоснительное соблюдение ими строительных норм и правил, законодательных актов Российской Федерации, регламентирующих строительную и градостроительную деятельность, организацию подрядных торгов.

Список литературы:

1. Антонов Г. Д., Иванова О. П., Тумин В. М. Управление конкурентоспособностью организации. – М.: НИЦ Инфра-М, 2016. – 300 с.
2. Данилов И. П. Конкурентоспособность регионов России. Теоретические основы и методология. - М.: Канон+РООИ "Реабилитация», 2015. - 368с.

3. Кузовлева И.А., Кереева Л.З-Г. Потребность в строительной продукции как цель развития инвестиционно-строительной сферы Экономическая политика и ресурсный потенциал региона [Электронный ресурс]: сб. статей всерос. науч.-практ. конф. – Брянск: Брян. гос. инженерно-технол. ун-т, 2018. – 179 с. - Режим доступа: <http://bgitu.ru/upload/iblock/06b/06b5a32573fab7e79df91bc2d96ce835.pdf>. - Загл.с титул.экрана. – С. 78-82.

4. Лифиц И. М. Конкурентоспособность товаров и услуг. - М.: Высшее образование, Юрайт, 2017. - 464 с.

5. Фатхутдинов Р. А. Глобальная конкурентоспособность. На стол современному руководителю. - М.: Стандарты и качество, 2016. - 464с..

УДК 332

СОЗДАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА КАК ПЛАТФОРМА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ИНВЕСТИЦИОННО- СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА БРЯНСКОГО РЕГИОНА

Лямцева И.Н., Лямцева А.В. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье рассмотрено создание строительного кластера в Брянской области и его роль в инновационном развитии региона.

The article considers the creation of a construction cluster in the Bryansk region and its role in the innovative development of the region

Актуальность инновационного развития регионов продиктована как внутренними проблемами (необходимостью обеспечения, сбалансированного развития регионов страны), так и внешними факторами, а именно: введением экономических санкций и необходимостью повышения конкурентоспособности России в мировой экономике.

Значительный вклад в разработку теоретических знаний инновационного развития внесли такие зарубежные экономисты, как П. Друкер, Б. Твисс, И. Шумпетер, Г. Менш и другие, так и отечественные - Л. Бляхман, Н. Кондратьев, Д. Кокурин, А. Анчишкин, А.Гусев.

Создание и развитие кластеров является сравнительно новым подходом к формированию инновационной экономики. Кластерная политика стремительно набирает популярность как за рубежом, так и в российских регионах.

В целом инвестиционно-строительный комплекс Брянской области имеет возможности для успешного существования и развития, однако его функционирование на данный момент, несмотря на достаточно высокие показатели объемов строительства и наличие промышленности строительных материалов, недостаточно эффективно. Причиной является то, что большинство организаций различных сфер деятельности, в том числе подрядной, субподрядной, проектной, а также предприятия, занимающиеся производством строительных материалов и

оказанием различного рода услуг, не имеют достаточных собственных средств для разработки и внедрения инновационных технологий.

Создание строительного кластера позволило бы объединить ряд предприятий с высокими экономическими показателями деятельности, а также высоким уровнем производительности, что в целом бы способствовало эффективному развитию региона и реализации крупных инновационных проектов.

Выбор именно этой формы объединения предприятий и организаций строительной отрасли обусловлен явными преимуществами кластера.

Во-первых, создание кластера позволит включить в него целый ряд предприятий, деятельность которых охватывает полный производственный цикл от добычи сырья, производства строительных материалов до ввода в эксплуатацию объектов строительства и оказания ремонтных услуг.

Во-вторых, между участниками кластера устанавливаются не только, конкурентные, но и доверительные отношения сотрудничества при достижении единой цели. Это позволяет сократить издержки сбора и обработки информации, издержки заключения контрактов и подписания соглашений при помощи формальных правил и неформальных норм.

В-третьих, с точки зрения социально-экономического развития региона создание и развитие кластеров положительно влияет на уровень и структуру занятости населения в строительной отрасли, а также на уровень заработной платы.

В число участников кластера могут войти образовательные, научные, финансовые организации, отбор которых осуществляется на конкурсной основе.

В настоящее время можно выделить ряд ведущих предприятий в строительной отрасли. К их числу относятся:

- ГК «Надежда» - с 1988 года строит в Брянске, имеет свою производственную базу, завод железобетонных конструкций.

- ООО СКФ «Комфорт» - стабильное и динамично развивающееся предприятие, имеющее развитую структуру, необходимую для проведения комплекса строительных и ремонтных работ от этапа создания проектно-сметной документации до сдачи объекта в эксплуатацию с последующим гарантийным сопровождением.

- ЗАО «Монолитстрой» выступает как заказчик, так и генеральный подрядчик, активно участвует в муниципальной адресной программе «Переселение граждан из аварийного жилищного фонда на территории муниципального образования «город Брянск» в 2013-2017 гг., в программе по обеспечению жилых помещений для детей сирот и детей, оставшихся без попечения родителей.

Помимо этого, потенциальными участниками могут стать следующие проектные организации:

- ООО "ГПИСТРОЙМАШ" – это стабильная комплексная проектная организация, является членами Союза проектировщиков России, СРО НП "АИИС" и СРО НП "ПРОЕКТЦЕНТР".

- ООО «Брянскгражданпроект» - проектная организация, охватывающая полный комплекс аспектов развития территории муниципальных образований - от территориального планирования, до архитектурно-строительного проектирования объектов различного назначения.

Необходимо отнести к потенциальным участникам кластера заводы промышленности строительных материалов:

- ООО «Брянский кирпичный завод» - выпускает лицевой керамический пустотный одинарный и полуторный кирпич светлых тонов. На заводе также производится фигурный кирпич и кирпич с фактурной поверхностью.

- ЗАО «Мальцовский портландцемент» - крупнейший цементный завод не только России, но и Европы. Входит в холдинг «Евроцемент групп»;

- ООО «Завод ЖБИ-Стройдеталь и К» - специализируется на производстве железобетонных изделий. На предприятии установлены испанские технологические линии по производству многопустотных плит перекрытий и вибропрессованного бетонного кирпича.

- ООО «Брянский Завод Строительных Конструкций» - производит современные железобетонные изделия. Основной производитель плит перекрытий длинномерных ферм и ребристых плит в центральном регионе РФ.

Создание строительного кластера в Брянской области имеет ряд преимуществ.

Во-первых, Брянская область является одним из индустриальных регионов Центральной России, обладающим развитой промышленностью.

Во-вторых, в регионе существуют конкурентные преимущества для развития кластера, в том числе: выгодное географическое положение, доступ к сырью, наличие специализированных учебных заведений, необходимой инфраструктуры. Помимо этого, участники кластера находятся в географической близости и имеют возможности для активного взаимодействия друг с другом, а также со странами дальнего и ближнего зарубежья, связь с которыми возможна благодаря развитой железнодорожной, автомобильной и авиационной транспортной системе.

Строительная отрасль является наиболее привлекательной для инвестиций и инноваций. В сложившихся условиях значение инновационной деятельности для предприятий инвестиционно-строительного комплекса будет только возрастать. Стратегия социально-экономического развития Брянской области до 2025 года создает условия для привлечения крупномасштабных инвестиций, что позволит реализовать новые проекты в инвестиционно-строительном комплексе региона [2].

Несмотря на высокий потенциал Брянского региона в области развития промышленности строительных материалов, стоимость производимых материалов достаточно высока. Для снижения материалоемкости и трудовых затрат в производстве необходимо внедрять различного рода инновации.

Меры государственной поддержки кластеров в рамках инвестиционной политики Брянской области могут быть следующими: организация и финансирование структуры, работающей с системой государственных закупок и корпоративного заказа в интересах кластера; поддержка льготного кредитного финансирования предприятий кластера под конкретные контракты государственного заказа, в частности предоставление государственных гарантий по кредитам, субсидирование части банковского процента; организация и финансирование выставочных мероприятий кластера, в т.ч. финансирование структуры, организующей

данную деятельность; организация и финансирование системы внутреннего взаимодействия кластера, в т.ч. интернет системы коммуникаций, организация перераспределения не востребованных заказов, организация предоставления свободного оборудования в аренду, субсидирование части платы за пользование оборудованием между предприятиями кластера (в интересах предприятий малого и среднего бизнеса и малых инновационных предприятий), организация информационной системы внутреннего субподряда, поставок, логистики и кадрового обеспечения; финансирование предоставления консалтинговых услуг вновь создаваемым предприятиям кластера; финансирование кластерных консалтинговых программ на старте [1].

Таким образом, можно сказать, что создание строительного кластера станет одним из наиболее эффективных способов развития инновационной деятельности предприятий инвестиционно-строительного комплекса Брянского региона. У предприятий, входящих в кластер, появится возможность снизить себестоимость строительной продукции и услуг, применять инновационные технологии, а также сократить затраты на транспортировку и хранение продукции. Помимо этого, снизится стоимость жилой площади и ремонтных работ. Брянский регион выйдет на более высокий уровень экономического развития, повысит свою инвестиционную привлекательность, что позволит реализовывать крупные инновационные проекты.

Список литературы

1. Инвестиционная стратегия Брянской области на период до 2020 года [Электронный ресурс]: <http://bryanskobl.ru/docs/investment/investment-strategy>.
2. Пояснительная записка к прогнозу социально-экономического развития Брянской области на 2018 год и плановый период 2019 и 2020 год [Электронный ресурс]: <http://bryanskobl.ru/economy-forecast-until-2018>
3. Состояние российской экономики и ее влияние на строительный комплекс России //Строительные материалы. - 2017.- № 5. - С. 80.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛЬЯ И ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ С УЧЕТОМ КРИТЕРИЕВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Потапенко О.С., Морозова А.Ю. (БГИТУ, г. Брянск, РФ)

В статье рассматриваются ключевые аспекты малоэтажного жилищного строительства и управления его эксплуатацией, анализируются достигнутые результаты в данном процессе в ходе проводимой государственной политики, предлагается модель управления воспроизводством и эксплуатацией малоэтажного жилья.

Малоэтажная жилая застройка в городской черте и пригороде в современных условиях пользуется спросом из-за сочетания привычного городского комфорта и уютной атмосферы для проживания. Относительная доля ввода малоэтажного жилья увеличилась в несколько раз за последние 20 лет. В 1990 году этот показатель составил 6,2%, в 2004 году он вырос до 40%, а к 2016 г. достиг 58%. Анализ проводимых социологических опросов граждан Фондом «Общественное мнение», желающих улучшить жилищные условия, подтверждает, что около 60% опрошенных предпочитают жить в индивидуальном доме и только 27% в отдельной квартире.

В настоящее время формирование отрасли малоэтажного строительства в целях решения жилищной проблемы является одним из приоритетных направлений государственной политики.

По результатам проведенного исследования в 2014 г. лидирующее место в объеме построенных малоэтажных домов по видам материалов занимают кирпичные дома (65%). Дома из блоков составили 15% построенного жилья, а из дерева – 17%. При этом наибольшим спросом у населения пользуются дома площадью 150-250 м. кв. для постоянного проживания одной семьи.

Среди качественных характеристик жилья потребителей интересует, в первую очередь, энергоэффективность и экологичность. Для них важны используемые материалы для отделки и утепления, т.к. они являются важными факторами, которые могут повлиять на здоровье людей.

Но при этом существуют особенности в обеспечении малоэтажных домов доступными и качественными жилищными и коммунальными услугами.

На таких объектах часто нет подключения к централизованным системам отопления, водопровода и канализации. Все это заменяется созданием собственной котельной и водозаборной скважины. Такое оборудование требует надлежащего обслуживания, опыта которого у работающих в типовой городской застройке управляющих организаций обычно не имеется.

В малоэтажной многоквартирной жилой застройке могут работать как специализированные управляющие компании, так и некоммерческие объединения жильцов в форме ТСЖ.

Собственникам жилья приходится более тесно взаимодействовать между собой и с обслуживающими такие дома организациями. Поэтому требуется разработать и внедрить новые подходы к системе управления их строительством и эксплуатацией, рассчитанные именно на малоэтажные жилые дома.

Для учёта этих особенностей управления многоквартирной малоэтажной застройкой требуется также законодательное урегулирование, так как действующие нормативные акты не адаптированы к особенностям управления такой застройкой [4].

Нередко проблемой развития малоэтажного жилищного строительства в регионах является высокая стоимость земельных участков под строительство, которая может составлять до половины себестоимости строительства. Комплексная малоэтажная застройка, а также индивидуальное жилищное строительство в основном являются инвестиционно не привлекательными из-за высокого уровня

затрат на выполнение технических условий по подключению внешних инженерных сетей или большой стоимости платы за подключение.

К важным аспектам малоэтажного строительства также необходимо отнести необходимость существенного повышения уровня энергоэффективности всех проектов малоэтажного строительства как обязательного условия формирования его конкурентных преимуществ перед многоэтажным строительством, а также важнейшего фактора сокращения стоимости эксплуатации жилья.

Целесообразно изменить структуру малоэтажного строительства и перейти с преимущественного использования трудоемких в использовании кирпичных и каменных материалов (около 70%) на индустриальные панельно-каркасные, модульные и комбинированные системы.

Перечисленные проблемы, сдерживающие развитие регионального рынка малоэтажного жилья, требуют инновационных изменений в экономическом механизме функционирования как в корпоративных системах девелопмента у заказчиков и застройщиков, так и в государственно-муниципальном программно-целевом регулировании приоритетов развития данного сегмента жилищного рынка.

Одним из инструментов развития малоэтажного строительства на территории области является подпрограмма "Развитие малоэтажного строительства на территории Брянской области" (2014-2020 годы) государственной программы «Строительство, архитектура и дорожное хозяйство в Брянской области» (2014-2020 гг.) (утверждена постановлением Правительства Брянской области №833-п от 30 декабря 2013 года) [5].

Важнейшей проблемой, препятствующей развитию малоэтажного индивидуального жилищного строительства на территории Брянской области, является необеспеченность значительной части земельных участков, предназначенных для данного строительства, документацией по планировке территорий, а также проведение работ по подведению инженерных коммуникаций к земельным участкам для индивидуального жилищного строительства, предоставляемым бесплатно в собственность многодетным семьям.

В связи с этим на современном этапе особенно необходимо участие государства в финансировании проектов создания коммунальной инфраструктуры под малоэтажную индивидуальную застройку.

В Брянском регионе целесообразно обеспечить условия для существенного роста объемов доступного малоэтажного жилищного строительства с целью увеличения предложения жилья на конкурентном рынке в соответствии с платежеспособным спросом населения.

При этом показательными являются примеры успешных проектов малоэтажных микрорайонов в ряде регионов РФ. Такие проекты получают серьезную поддержку руководства регионов, так как их реализация позволяет реально улучшить ситуацию с обеспечением населения жильем.

В рассматриваемом процессе практика государственно-частного партнерства (ГЧП) должна стать одним из главных инструментов реализации задач по развитию жилищного строительства. Поддержка в форме ГЧП особенно важна

при комплексном освоении территории жилой застройки в процессе строительства объектов коммунальной и социальной инфраструктуры.

Получение земельного участка, строительство дорог и инженерных коммуникаций в настоящий момент для такого строительства обходится значительно дороже, чем при строительстве многоэтажного жилья. Поэтому важной задачей является не только снижение стоимости земельных участков, но и инфраструктурных решений.

Инфраструктурную подготовку площадок строительства может облегчить организация ГЧП с обязательной консолидацией возможностей федерального, регионального и муниципального бюджетов, а также внедрением энергосберегающих технологий.

Для развития жилищного строительства в Брянской области необходимо активно использовать все перечисленные механизмы. При этом важно формирование внутригородских и пригородных экологических малоэтажных зон проживания населения с применением энергоэффективных решений.

Таким образом, основными проблемами, сдерживающими жилищное строительство в целом в регионе являются:

- отсутствие земельных участков, обеспеченных инженерной, транспортной и социальной инфраструктурой;
- необходимость развития новых механизмов привлечения средств частных застройщиков в создание инженерной инфраструктуры;
- медленный процесс разработки документации территориального планирования, который сдерживается недостаточностью средств бюджетов муниципальных образований области и отсутствием информационной системы обеспечения градостроительной деятельности;
- сложная система выдачи исходно-разрешительной документации на осуществление строительства.

Повышение энергоэффективности строящегося и эксплуатируемого жилого фонда, в том числе и малоэтажной застройки, является в современных условиях важной технической и экономической задачей.

Мероприятия по внедрению энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий и строительных материалов в жилищном строительстве в рамках региональной программы включают:

- разработку и утверждение рекомендаций по проектированию и строительству энергоэффективных жилых домов с учетом конструктивных особенностей и их территориального размещения;
- разработку экспериментальных проектов энергоэффективных домов в г. Брянске и городских округах;
- мониторинг строительства, реконструкции и первых трех лет эксплуатации энергоэффективных жилых домов;
- апробацию механизмов применения автономных источников энергии, в том числе за счет переработки вторичного сырья;
- разработку программы освоения выпуска материалов, необходимых для строительства жилых домов, в энергоэффективном исполнении и других мероприятий в сфере энергоэффективности;

- мероприятия по масштабному информационному обеспечению реализации программы [5].

Особую актуальность приобретает внедрение в жилищное строительство альтернативных строительных технологий и материалов. Для этого в Брянской области имеется достаточно богатая сырьевая база для производства строительных материалов.

Для создания в Брянской области производства номенклатуры современных высококачественных конкурентоспособных ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов в Брянской области была разработана программа «Развитие предприятий промышленности строительных материалов Брянской области на 2012 – 2015 годы и на период до 2020 года», которая утверждена постановлением администрации Брянской области от 26 июня 2012 года № 574 [5].

На территории Брянской области все большее распространение получают технологии строительства многоквартирного и малоэтажного жилья с использованием современных энергоэффективных технологий и материалов. Так в регионе осуществляется выпуск энергоэффективных изделий крупнопанельного домостроения зональной серии 90СБ. Энергоэффективность таких жилых домов соответствует самым высоким нормативным требованиям.

Потребителей также в настоящее время все больше волнует эффективность эксплуатации малоэтажного жилого дома.

Внедрение инновационных, ресурсосберегающих технологий в жилищно-коммунальное хозяйство не только повышает уровень эффективности функционирования коммунальных систем, но и сокращает экологический ущерб, снижает текущие затраты пользователей услуг. При этом ресурсосберегающие технологии можно условно разделить на технологии, сберегающие электричество, и технологии, сберегающие тепло и воду. Немаловажным является вопрос создания эффективной системы канализации. При этом может быть использован принцип биологической активационной очистки сточных вод. Использование данной технологии значительно снижает затраты при строительстве и эксплуатации [3].

Таким образом, важной проблемой является разработка концептуального инновационного подхода к управлению воспроизводством и эксплуатацией малоэтажного жилья, ориентированного на достижение системы показателей эффективности.

В связи с этим возникают следующие научные задачи:

- оценка состояния и проблем существующей системы управления воспроизводством и эксплуатацией малоэтажных жилых объектов;
- формирование критериев эффективности управления;
- разработка концептуальной модели управления воспроизводством и эксплуатацией малоэтажного жилья, предполагающей комплексное использование организационно-экономических механизмов с ориентацией на критерии эффективности [1, 2].

По нашему мнению, в основу разрабатываемого механизма управления воспроизводством и эксплуатацией малоэтажного жилья должны быть положены элементы, показанные на рисунке 1.

Секция 7. Социально-экономическое развитие в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах



Рисунок 1 – Концептуальная схема системы управления воспроизводством и эксплуатацией малоэтажного жилья

Такая схема предполагает систематизацию эмпирических данных о формировании и использовании инвестиционных ресурсов для воспроизводства и совершенствование механизма осуществления и финансирования данного процесса.

Предполагается предварительная проработка механизмов снижения налоговой нагрузки для инвесторов при формировании и использовании финансовых ресурсов для воспроизводственных процессов в процессе строительства и эксплуатации, совершенствование механизма привлечения дополнительных финансовых ресурсов в строительство и реконструкцию объектов коммунальной инфраструктуры с использованием механизма государственно-частного партнерства, и оценка эффективности его использования.

Предлагаемый концептуальный подход должен сбалансировать работу по следующим направлениям:

- комплексное управление строительством жилья и модернизацией объектов коммунальной инфраструктуры;
- управление эффективной реализацией проектов нового строительства жилья;
- управление текущим и капитальным ремонтом эксплуатируемого жилищного фонда;

- управление благоустройства жилого фонда [2].

Предлагаемый подход к управлению в сфере малоэтажного жилья позволит решить актуальные на сегодняшний день проблемы улучшения ее состояния и комфортности городской среды в РФ и получить при этом социально-экономические эффекты для всех участников.

Список литературы

1. Воробьева М.М. Современные аспекты проблемы воспроизводства жилищного фонда в России // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 6. Ч. 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/06/55309> (дата обращения: 30.09.2018).
2. Управление воспроизводством жилищного фонда на основе использования целевых показателей// Экономика и предпринимательство. – 2017. – №9. – с.843-848.
3. Комплексное развитие системы управления жилищным фондом с целью повышения его энергетической и эксплуатационной эффективности // Экономика и предпринимательство. – 2017.- №10 (ч.2). – с.952-957.
4. ЖКХ: журнал руководителя и главного бухгалтера [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gkh.ru> (дата обращения: 28.09.2018).
5. Правительство Брянской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dsbrobl.ru>. (дата обращения: 28.09.2018).

Научное издание

Инновации в строительстве – 2018

Материалы
международной научно-практической конференции

Редакционная коллегия	А.В. Городков, С.Г. Парфенов, И.Н. Серпик, В.В. Плотников, Н.П. Лукутцова, З.А. Мевлидинов, И.А. Кузовлева
Сбор статей	И.В. Мироненко
Компьютерная верстка	С.Н. Швачко
Дизайн обложки	А.В.Городков

Темплан 2018 г.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 30.01.2019

Формат 60×84 1/16

Бумага офсетная. Офсетная печать. Усл. Печ.л. 25,4

Тираж 100 экз. Заказ 401/2

Брянский государственный инженерно-технологический университет.
241037, Брянск, проспект Станке Димитрова, 3, БГИТУ, тел. (4832) 74-60-08
www.bgitu.ru, mail@bgitu.ru .

Отпечатано в типография «Ладомир»
241050, г. Брянск, ул. Калинина, 81
тел. (4832) 74-47-86, факс: (4832) 74-23-95