



NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY
MOSCOW STATE
UNIVERSITY
OF CIVIL
ENGINEERING



TIAME
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY



МОЛОДЕЖНЫЕ ИННОВАЦИИ



FORM-2023

СТРОИТЕЛЬСТВО – ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сборник материалов семинара молодых учёных XXVI Международной научной конференции (г. Ташкент, 26–28 апреля 2023 г.)



CONSTRUCTION

THE FORMATION OF LIVING ENVIRONMENT

XXVI International Scientific Conference
on Advanced In Civil Engineering

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2023
ISBN 978-5-7264-3252-6

УДК 62+378
ББК 38
С86

С86 **Строительство — формирование среды жизнедеятельности** [Электронный ресурс] : сборник материалов семинара молодых учёных XXVI Международной научной конференции (г. Ташкент, 26–28 апреля 2023 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, управление научной политики. — Электрон. дан. и прогр. (8,4 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-3252-6

Сборник содержит доклады участников семинара молодых учёных, состоявшегося в рамках XXVI Международной научной конференции «Строительство — формирование среды жизнедеятельности» (FORM–2023).

Основной целью проведения семинара и конкурса молодёжных научно-технических и научно-исследовательских проектов является содействие развитию инновационной активности и реализации творческого потенциала студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных.

Для магистрантов, аспирантов и молодых учёных строительной отрасли.

Научное электронное издание

Материалы публикуются в авторской редакции. Авторы опубликованных докладов несут ответственность за достоверность приведенных в них сведений.

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2023

Подбор материала и ответственные за выпуск:
М.В. Емельянов, К.Е. Миронов

Управление научной политики
Тел. 7 (495) 287-49-14, вн. 1356.
E-mail: Emelianov@mgsu.ru, MironovKE@mgsu.ru
Сайт: https://mgsu.ru/science/Nauchniye_meropr/

Компьютерная верстка *К.Е. Миронова*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 15.06.2023. Объем данных 8,4 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-4914, вн. 1423, (499) 183-9190, (499) 183-9795.
E-mail: rio@mgsu.ru

Даты проведения 26–28 апреля 2023 г.

Место проведения «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (НИУ «ТИИИМСХ»)

Научные направления:

- Modern building materials
- Reliability of buildings and constructions
- Modelling and mechanics of building structures
- Sustainable engineering
- Hydrotechnical construction and melioration

Организаторы

- ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
- «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (НИУ «ТИИИМСХ»)
- «Каршинский инженерно-экономический институт» (КИЭИ)

Организационный комитет

Председатель Оргкомитета:

П.А. Акимов — ректор НИУ МГСУ.

Члены оргкомитета:

А.З. Тер-Мартirosян — проректор НИУ МГСУ;

В.В. Галишникова — проректор НИУ МГСУ;

В.В. Волгин — проректор НИУ МГСУ;

О.В. Игнатъев — проректор НИУ МГСУ;

Т.Б. Кайтуков — проректор НИУ МГСУ;

Г.И. Фазылзянова — проректор НИУ МГСУ;

З.М. Штымпов — проректор НИУ МГСУ;

В.И. Сидоров — советник при ректорате НИУ МГСУ;

М.В. Емельянов — начальник УНП НИУ МГСУ.

Рабочая группа:

А.В. Алексейцев — ответственный за научную работу ИПГС;

С.С. Федоров — ответственный за научную работу ИЦТМС;

П.А. Слепнев — ответственный за научную работу ИАГ;

В.С. Канхва — ответственный за научную работу ИЭУКСН;

Н.А. Макиша — ответственный за научную работу ИИЭСМ;

С.А. Сергеев — ответственный за научную работу ИГЭС;

А.В. Алексанин — ответственный за научную работу МФ;

В.С. Евстратов — начальник Редакции научных журналов УНП;

К.Е. Миронов — инспектор СОНИРС УНП.

Ответственный секретарь Оргкомитета:

М.В. Емельянов — начальник УНП НИУ МГСУ.

XXVI Международная научная конференция «Строительство — формирование среды жизнедеятельности» (FORM-2023) состоялась 26–28 апреля 2023 г. в НИУ «ТИИИМСХ» г. Ташкент, Узбекистан.

Основной целью Конференции является содействие формированию конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора исследований и разработок для обеспечения технологической модернизации, развития международной интеграции, опережающего развития кадрового и производственного потенциала в области архитектуры, строительства и ЖКХ; укрепление научных и деловых контактов.

Для молодых ученых в возрасте до 25 лет (включительно) был организован семинар по актуальным направлениям развития строительной науки, в рамках которого традиционно проводился Конкурс молодёжных научно-технических и научно-исследовательских проектов «Молодежные инновации». Лауреаты Конкурса награждены Дипломами I, II и III степени, а также памятными призами.

Тематические направления семинара:

- Современные строительные материалы
- Надежность зданий и сооружений
- Моделирование и механика строительных конструкций
- Устойчивое проектирование
- Гидротехническое строительство и мелиорация

Участниками конференции в разные годы становились молодые ученые из: Армении, Белоруссии, Болгарии, Германии, Испании, Италии, Казахстана, Киргизии, Китая, Латвии, Литвы, Молдовы, Польши, США, Турции, Узбекистана, Украины, Франции, Швеции, Эстонии и др. стран.

Проведение такой крупномасштабной конференции, какой является «Строительство — формирование среды жизнедеятельности» позволяет активно формировать новое представление о строительстве не только в традиционных рамках отрасли, но с более широкой областью профессиональной ответственности, не ограниченной этапом стройки, а с полным циклом планирования, проектирования, создания, эксплуатации и использования строительных систем — качественной, безопасной и эффективной среды и инфраструктуры жизни и деятельности человека.

Для участников молодёжного семинара участие в столь престижном мероприятии является прекрасной стартовой площадкой для начала профессиональной карьеры, воплощения своих творческих замыслов и реализации научных достижений.

Содержание

Секция 1. Современные строительные материалы

М. К. Зуева, Д. А. Ким АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОМОСТРОЕНИЯ	10
О. А. Ларсен, Д. О. Мелихов ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОСТЕКЛЬНОГО ЩЕБНЯ В ЛЕГКОМ САМОУПЛОТНЯЮЩЕМСЯ БЕТОНЕ	15
Д. Е. Санько, Рави Сагар Поудел, А. Д. Жуков КОМПЛЕКСНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ И УСИЛЕНИЕ ГРУНТА	19
И. В. Ларионов, И. Н. Дорошин СОВРЕМЕННЫЕ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УСТРОЙСТВА ЭНЕГОЭФФЕКТИВНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	27
С. К. Хлебников, К. Л. Кудяков ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ФИБРОБЕТОННЫХ БАЛОК СО СТЕКЛОКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ	33
Н. И. Потехин, Р. В. Панькин, Н. Г. Серёгин ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ	39
Р. В. Панькин, С. Ю. Савин УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ПЕРЕКРЫТИЙ К ВАНТОВОМУ МЕХАНИЗМУ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ЗА- ПРОЕКТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	44
М. Г. Бруяко, И. В. Бессонов, Э. А. Горбунова, И. С. Говряков ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ВСПЕНЕННОГО ЖИДКОГО СТЕКЛА ХОЛОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ	49
Т. Ю. Машина, О. А. Ларсен, А. М. Бахрах ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО МОДИФИКАТОРА ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРНОГО БЕТОНА	53
О. А. Ларсен, К. А. Бутенко СОСТАВ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ БЕТОНА НА ШЛАКОЩЕЛОЧНОМ ВЯЖУЩЕМ И ЗАПОЛНИТЕЛЕ ИЗ СТЕКЛЬНОГО БОЯ	58
А. А. Солодов, М. С. Буранова, О. А. Ларсен ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ АРХИТЕКТУРНЫХ БЕТОНОВ	63
С. В. Самченко, П. Д. Тоболев ПОДБОР СОСТАВА БЕТОННОЙ СМЕСИ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	68
С. В. Самченко, Д. С. Былинкин ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ ПРОТИВОМОРОЗНЫХ ДОБАВОК	72

О. А. Larsen, А. М. Bakhrakh CHANGE IN THE ELECTRICAL RESISTIVITY OF CONDUCTIVE CONCRETE DURING CURING	77
В. Ю. Часова, Д. А. Леонова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ И ЦИНКА В КАЧЕСТВЕ УПРОЧНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	83
Секция 2. Надежность зданий и сооружений	
В. В. Захаров, Н. Г. Серегин ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПОНТОНАХ	88
А. А. Лапина СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАДИУСА КОРРЕЛЯЦИИ ПО ГЛУБИНЕ ПРИ ОЦЕНКЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.	93
А. Р. Рагузина, А. В. Алексейцев ОБ УЧЕТЕ РИСКОВ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В РАСЧЕТАХ НЕСУЩИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	96
Т. С. Куницкая, А. В. Алексейцев ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ДВУСКАТНОЙ СТРОПИЛЬНОЙ БАЛКИ.....	101
Д. В. Морозова, Н. С. Курченко ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНЫХ НЕСОВЕРШЕНСТВ В ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ КОЛОННАХ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ	107
В. А. Будникова, А. В. Алексейцев ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	112
М. А. Лейс, Н. Д. Корсун ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЬНОГО ТОНКОСТЕННОГО ПРОФИЛЯ	116
Д. В. Копытов, Н. Д. Корсун УСЛОВИЯ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ	121
А. П. Гришина, А. С. Петрова, Т. Х. Бидов НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СТАДИОНОВ	127
С. Р. Меликсетян, П. А. Кореньков ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ АВАРИЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	132

Секция 3. Моделирование и механика строительных конструкций

Nune Tigabu Abera, L. V. Kirianova

ASSESSING THE DISTRIBUTION OF STATISTICAL HETEROGENEITY OF THE SOIL DEFORMATION MODULUS BASED ON STATIC SOIL SENSING. 139

А. И. Ахметова

АНАЛИЗ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА 146

Секция 4. Устойчивое проектирование

А. Ю. Лапин, Е. В. Сысоева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК «ЗЕЛЁНЫХ» КРЫШ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОКРЫТИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В ГОРОДЕ ТУЛА..... 151

Д. А. Айвазян, А. С. Курдюков, Н. П. Умнякова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЛНЦЕЗАЩИТЫ ЖИЛОГО ДОМА В Г. ВОЛГОГРАД 156

Ю. С. Зобнина, К. П. Зубарев

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 161

А. А. Плетнева, С. М. Бороздина

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ БЛАГОУСТРОЙСТВА С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО МАРКЕТИНГА 165

Н. В. Парамонова, А. А. Галишников

ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ DIAGRID 171

В. В. Медведько, А. Г. Первов

ПРОБЛЕМА ВТОРИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБАХ И ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ..... 175

А. Д. Плотников, О. А. Король

НОРМАТИВНАЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ, ВЛИЯЮЩАЯ НА КАЧЕСТВО РАБОТ 179

А. Е. Руин, А. А. Смыков, М. В. Бодров

ТЕПЛОЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЛУЧИСТЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ..... 183

А. Н. Горяев, М. М. Железнов

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ. 189

Т. С. Мещерякова, В. Е. Богомольский

РЕДЕВЕЛОПМЕНТ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРИЗНАКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ..... 194

L. A. Kuznetsova

PARAMETRIC MODELING IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANING..... 198

А. Р. Тюленев

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЫНОК НЕДВИЖИМОСТИ В ЕВРОПЕ 202

Н. Ф. Сулейманов, Л. В. Кирьянова

**АНАЛИЗ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РАЗБИВКЕ ПО МЕСТУ
СТРОИТЕЛЬСТВА В ВЕНГРИИ МЕТОДАМИ СТАТИСТИКИ.....207**

Секция 1. СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОМОСТРОЕНИЯ

М. К. Зуева¹, Д. А. Ким²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ ma.zuewa2015@yandex.ru

² kda-0279@mail.ru

Аннотация

Предметом исследования является анализ использования и перспектива развития модульных технологий.

Цель исследования: изучение актуальной литературы по созданию модульных зданий, выявление преимуществ использования этого типа конструкций по сравнению с традиционным строительством с учетом экономических характеристик и объемно-планировочных решений.

Материалы и методы: поисковый, аналитический, расчётный.

Результаты: приведены сферы использования модульных конструкций и возможности их применения, представлены плюсы и минусы использования зданий этого типа, произведен расчет, основанный на технико-экономических показателях, учитывающий количество затраченного материала для зданий традиционного и модульного типа, для выявления лучшего варианта постройки с точки зрения затрат и ресурсов.

Выводы: в ближайшие годы вероятен значительный сдвиг в сторону модульных подходов к строительству из-за необходимости ускорения строительства, удешевления постройки по сравнению с традиционным типом строительства.

ВВЕДЕНИЕ

Как и в других областях, строительная отрасль имеет тенденцию к постоянному развитию. Требования к процессу строительства, касающиеся его скорости, эффективности и минимизации негативного воздействия на окружающую среду постоянно возрастают. Благодаря этому существует растущий спрос на строительство новых зданий методом модульного строительства.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Возможность создания такого метода строительства, который будет одновременно качественным, быстрым и отвечать требованиям устойчивости конструкций, является на сегодняшний день одним из самых актуальных направлений исследований. Авторами в публикациях рассматриваются вопросы, посвященные специфике создания конструкций модульного типа, возможности применения [1,3,5]. Плюсам и минусам, методам блокировки и вариантам использования зданий этого типа посвящены работы [2,4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поскольку большинство других крупных отраслей промышленности эволюционировали, чтобы полагаться на более промышленные и автоматизированные процессы, неизбежным является и то, что строительная отрасль будет делать то же самое, например, все больше и больше переходя к таким подходам, как модульное строительство. В связи с этим

необходимо рассмотреть более подробно возможности повсеместного внедрения этой технологии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Модульное строительство - это процесс, который включает в себя строительство быстровозводимых зданий на заводах за пределами площадки и транспортировку их на рабочую площадку для монтажа. На заводе модули собираются с использованием конвейерных систем и строительных технологий, что обеспечивает эффективный и стандартный процесс. Использование точного моделирования и конструирования на заводе снижает необходимость в заказах на изменения и корректировках. После сборки модули транспортируются на строительную площадку на бортовых грузовиках и собираются в заданном порядке. Процесс, в котором используются краны для установки модулей на заранее установленный фундамент. После установки модулей специалисты-строители легко соединяют их вместе, создавая единое здание. Получающиеся конструкции часто заканчиваются в два раза быстрее, чем аналогичные здания на традиционных объектах. [1]

При строительстве здания обычно используется либо деревянный, либо стальной каркас для конструкции и может включать деревянный или бетонный пол. Есть два типа модульных зданий:

1. Перемещаемые модульные здания. В перемещаемом здании используются конструкции, возводимые на заводе-изготовителе с завершением на 80% или более, включая нанесение внутренней и внешней отделки. Здания спроектированы с полным оборудованием и отделкой. Они предлагают самую быструю форму доставки, возможность перемещения на другие объекты и потенциально выгодные финансовые и налоговые характеристики, связанные с тем, что здание классифицируется как личная собственность. Перемещаемые здания соответствуют требованиям государственных и местных строительных норм, и правил и являются идеальным решением для быстрого решения временных или промежуточных помещений.
2. Постоянное модульное строительство. Экологически устойчивый метод строительства, для изготовления одно- или многоэтажных зданий, которые поставляются в виде модульных секций и крепятся к постоянному фундаменту. [1]

Популярность модульного строительства неуклонно растет во всех отраслях благодаря широким возможностям проектирования, так этот тип конструкции можно применять в:

- Медицине. Модульные здания полностью соответствуют строгим санитарным требованиям медицинской отрасли. Эти конструкции могут быть добавлены к существующим зданиям для увеличения вместимости пациентов и могут быть легко установлены в отдаленных районах и развивающихся странах, которые в противном случае могут не иметь доступа к надлежащему уровню медицинской помощи. Это делает модульные здания идеальными для таких мест, как лагеря беженцев, военные базы и центры помощи при стихийных бедствиях.
- Промышленности. Коммерческие и промышленные модульные офисные комплексы могут быть построены с любым типом интерьера или экстерьера, чтобы органично вписаться в существующее здание, или могут существовать как самостоятельная структура. Типичные области применения модульных зданий такого типа включают временные офисы, административные здания, удаленные торговые точки и конференц-залы.
- Образовательных учреждениях. Модульные здания являются идеальным решением для быстрорастущих школьных округов с растущим числом учащихся и ограниченным пространством и могут использоваться в качестве постоянных классных комнат. Сборные конструкции также могут использоваться в качестве временных решений при строительстве постоянных объектов.

- Жилых зданиях. В сельских и пригородных районах модульная конструкция может использоваться для создания домов "под ключ", которые легко соответствуют федеральным, государственным и местным строительным нормам. [3]

Следует отметить, что, хотя большинство модульных проектов имеют четыре этажа или меньше, в последние годы все большее число превышает 10 этажей, и модульная конструкция может использоваться для возведения сооружений любой высоты, если иное не ограничено местным кодексом. [3]

Модульные проекты могут состоять из комбинации объемных и не объемных компонентов, и в проектах может использоваться комбинация строительства за пределами площадки и на месте, в зависимости от конкретных требований проекта, программы и площадки. Например, компоненты, необходимые для формирования больших проемов или пролетных строений, которые может быть трудно изготовить за пределами объекта, обычно изготавливаются на месте. Однако следует отметить, что общие затраты времени и рабочей силы на модульное строительство без объема, как правило, все еще значительно ниже, чем при традиционном строительстве на месте. [4;2]

В начале строительства необходимо определить подходит ли модульное строительство для определенного проекта, необходимо хорошо понимать процесс, чтобы иметь возможность оценить, в какой степени это поможет проекту достичь целей, касающихся затрат, времени, рабочей силы, площадки и программы. [5]

Определенные аспекты проекта делают модульное строительство идеальным подходом:

- Проекты, в которых важно сокращение графика или времени выхода на рынок;
- Проекты с повторяющимися элементами, такими как идентичные классные комнаты, общежития, офисные помещения или лаборатории;
- Проекты с относительно плотным обрамлением и без чрезмерных пролетов;
- Проекты, расположенные на удаленных или менее доступных участках, где строительство на месте было бы затруднено - например, в густонаселенных городских районах — в местах с ограниченным строительным сезоном или на участках с недостаточным количеством материалов или земли;
- Проекты, расположенные в районах, где рабочая сила труднодоступна. [5]

При отсутствии этих аспектов модульное строительство все еще может быть жизнеспособным и конкурентоспособным процессом, но все преимущества модульного процесса могут быть не реализованы. Модульный подход к строительству может потребовать от проектной группы принятия на себя новых обязанностей, отличающихся от тех, которые традиционно возлагаются на архитектора: при проектировании модульного здания следует учитывать производственный процесс, вопросы транспортировки и последовательность. [4]

Хотя модульная конструкция предлагает много преимуществ, она не лишена своих недостатков:

1. Риск повреждения при транспортировке. Поскольку модули, а иногда и целые конструкции, возводятся за пределами площадки, существует повышенный риск их повреждения при транспортировке на строительную площадку.

2. Ограниченные возможности проектирования. Модульные здания строятся быстро и эффективно, но у них часто меньше возможностей для вариативного проектирования и создания различных планировок. Создание более уникальных модулей потребовало бы гораздо больше времени, денег и ресурсов, что лишило бы многих преимуществ модульной конструкции.

3. Высокие первоначальные затраты. [4;5]

В этом исследовании рассматривается сравнение количества использованных материалов при постройке здания традиционного и модульного типа, для выявления более перспективного типа здания для быстрого строительства.

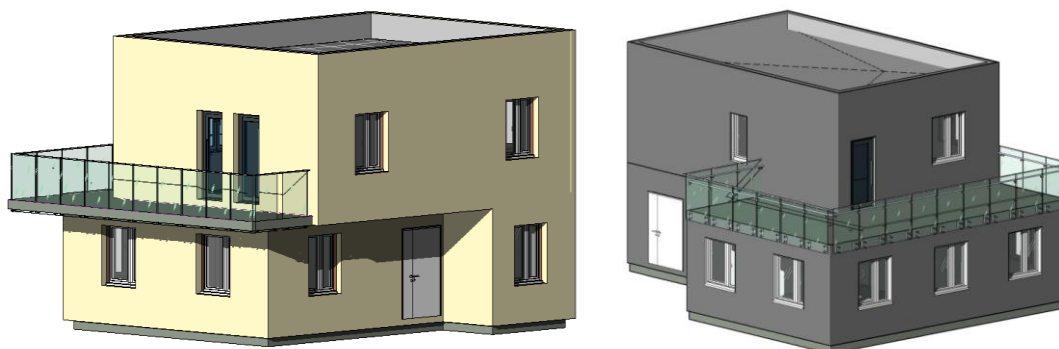


Рис. 1. Модель кирпичного и модульного дома

Табл. 1. Сравнительные технико-экономические показатели зданий

Наименование	Ед. изм	Модульно е здание	Традици онное здание
Этажность	шт	2	2
Общая площадь	м ²	175,51	173,50
В т.ч. площадь террасы	м ²	39,10	38,55
Жилая площадь	м ²	136,41	134,95
Объем/площадь стен и перегородок	м ³ / м ²		
Перегородка из кирпича 120 мм	м ³ / м ²	5,77/48,10	15,10/125 ,85
Стена из кирпича 250 мм	м ³ / м ²	-	43,65/176 ,45
Вентфасад	м ³ / м ²	-	49,29/234 ,80
Стены из ЛСТК	м ³ / м ²	52,66/223, 75	-
Фасадная панель	м ³ / м ²	10,88/217, 55	-

Таким образом, при подсчете стоимости ресурсов можно получить, что строительство традиционного здания в 1,6 раза больше, чем модульного, а расход материала у модульного здания на 30% меньше. [1]

ВЫВОД

Благодаря растущему спросу в здравоохранении, доступном жилье и многих коммерческих отраслях мировой рынок модульного строительства будет демонстрировать ежегодный рост на 6,4% в течение следующих шести лет. Сборное строительство позволяет ускорить и сделать процесс строительства более экономичным, что может помочь смягчить нынешний кризис доступного жилья. Эффективность модульного строительства может оказаться необходимой, поскольку строительные площадки адаптируются к изменениям в отрасли после пандемии коронавируса. Технология модульного строительства является мощным

средством решения многих проблем, стоящих перед современной строительной отраслью, таких как высокие затраты и нехватка рабочей силы. [2]

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Ю. Эглескалн, И.П. Потапов (ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ»), В.В. Гранев, Т.Е.Стороженко, А.Е. Иванов (АО «ЦНИИПромзданий»). Методическое пособие. Проектирование модульных зданий // Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». Москва 2018. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293728/4293728153.pdf>. Дата обращения: 10.02.23.
2. Why we need a design code for modular homes [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.architectsjournal.co.uk/opinion/why-we-need-a-design-code-for-modularhomes/10024160.article.html>. Дата обращения: 08.02.23
3. А.Н. Мушинский, С.С. Зимин. Строительство быстровозводимых зданий и сооружений. // Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 4 (31). 2015. 182-193. Режим доступа: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/4\(31\)/13_mushinsky_31.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/4(31)/13_mushinsky_31.pdf). Дата обращения: 25.02.23.
4. Modular construction takes center stage in Wembley [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.buildingconstructiondesign.co.uk/news/modular-construction-takes-centre-stage-in-wembley>. Дата обращения: 25.02.23.
5. Холодняк, В. Д. Быстровозводимые конструкции. Модульное строительство // Молодой ученый. — 2020. — № 22 (с. 312). — С. 188-190. —Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/312/70940/>. Дата обращения: 06.02. 23.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОСТЕКОЛЬНОГО ЩЕБНЯ В ЛЕГКОМ САМОУПЛОТНЯЮЩЕМСЯ БЕТОНЕ

О. А. Ларсен¹, Д. О. Мелихов²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ larsen.oksana@mail.ru

² tsk77332@gmail.com

Аннотация

Благодаря высоким эксплуатационным свойствам самоуплотняющегося бетона и легкого заполнителя разработка легкого самоуплотняющегося бетона (ЛСУБ) является приоритетной технической разработкой, но применение в гражданском строительстве ограничено из-за отсутствия полноценных исследований. Настоящий обзор направлен на подробное изучение легкого самоуплотняющегося бетона, содержащего легкий заполнитель. Являясь основным компонентом легкого самоуплотняющегося бетона, легкий заполнитель в основном влияет на прочность и объемную плотность бетона. В этом исследовании рассматривалось влияние легкого заполнителя и других факторов на обрабатываемость, прочность и долговечность ЛСУБ.

ВВЕДЕНИЕ

Самоуплотняющийся бетон с легким заполнителем представляет собой материал с высокими эксплуатационными характеристиками, который сочетает в себе преимущества конструкционного бетона с легким заполнителем, такие как уменьшенная статическая нагрузка, высокая изоляционная способность, повышенная долговечность, устойчивость к огню и химическому воздействию, с характеристиками самоуплотнения, которые отражаются на заполняющей и проходной способности материала, а также на сопротивлении сегрегации заполнителя [1]. Кажущийся контраст между такими свойствами, как низкая плотность (т. е. малая динамическая энергия смеси при течении) и самоуплотнение (зависящая от динамических свойств смеси) делает получение легкого самоуплотняющегося бетона (далее ЛСУБ) весьма непростой задачей.

Использование ЛСУБ не является чем-то новым в бетонной промышленности, и он считается оптимизированным продуктом самоуплотняющегося бетона и легкого бетона. Несколько типов натуральных и искусственных легких заполнителей используются в ЛСУБ, но в основном этот бетон готовят из искусственных пористых заполнителей [2].

Использование переработанных материалов и отходов в ЛСУБ может стать важным шагом на пути к улучшению экологической ситуации в мире, но это может изменить физические и механические характеристики бетона в зависимости от их типа и может повлиять на свойства ЛСУБ.

Прочность на сжатие легкого заполнителя намного ниже, чем у обычных природных заполнителей поэтому бетон, содержащий большой объем легкого заполнителя, может достичь более низкой прочности на сжатие. Использование легкого заполнителя в бетоне может вызвать проблему сегрегации из-за всплывания этого заполнителя. Это неравномерное распределение легкого заполнителя, сегрегация и плохое самоуплотнение может ухудшить структурные характеристики и долговечность бетона. Для разработки самоуплотняющегося бетона с плотностью ниже 1200 кг/м³ требуется большой объем легкого заполнителя, который может привести к дополнительному водопоглощению.

Yashar и Behzad в 2021 году провели сравнительное исследование ЛСУБ, приготовленного из шлака и керамзита, и сообщили, что ЛСУБ на основе керамзита показал лучшие результаты, чем на основе шлака, с точки зрения заполняющей способности и текучести [3]. Dolatabad в 2020 году исследовал свежие свойства ЛСУБ, содержащего

перлит, шлак и керамзит. Было замечено, что при одинаковом составе смеси удобоукладываемость бетона различается в зависимости от типа легкого заполнителя [4]. Это несоответствие в свежих свойствах различных ЛСУБ на основе легкого заполнителя предполагает, что удобоукладываемость бетона может существенно зависеть от типа легкого заполнителя, используемого в бетонной смеси. Эти различия в свежих свойствах можно объяснить различиями в физических свойствах заполнителей, таких как форма, текстура поверхности, плотность и водопоглощение.

Размер и вид легкого заполнителя являются основным фактором при составлении смеси для ЛСУБ, который может значительно повлиять на плотность упаковки и свойства бетона в свежем виде. Mazaheripour в 2011 году сообщил, что текучесть ЛСУБ на основе керамзита увеличилась, когда вместо натуральных мелких заполнителей использовалась комбинация мелкого и крупного керамзита [5]. Некоторые исследователи сообщают, что использование мелкого легкого заполнителя может устранить пустоты между заполнителями и показать лучшую плотность упаковки, что приводит к большей устойчивости к сегрегации и более высокой текучести, позволяя уменьшить количество цементной пасты в ЛСУБ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одни из заполнителей для ЛСУБ может выступать брак производства пеностеклянного щебня (рис. 1). Бракованная фракция отличается от контрольной неравномерной плотностью и прочностью. После отбраковки, некондиционная фракция поступает на измельчение в валковую дробилку. Данный вид дробилки наиболее подходящий. По сравнению с щековой, в ней не происходит истирание пеностеклянного щебня.

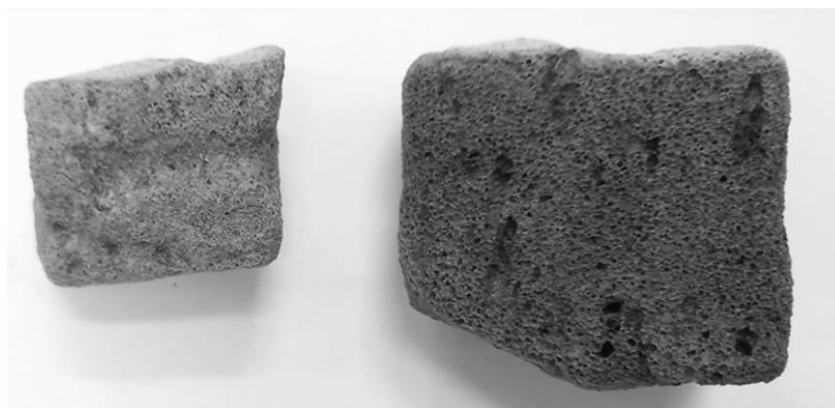


Рис. 1. Внешнее отличие контрольного и бракованного заполнителя

Было проведено исследование по определению зернового состава отбракованного пеностеклянного щебня по ГОСТ 9758-2012 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний» пункт 17.

Данная методика заключается на просеивание заполнителя через набор стандартных сит (рис. 2).



Рис. 2. Определение зернового состава пеностеклянного щебня

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После испытаний по полученным данным был построен график, по которому видно, что данный заполнитель не попадает в допустимую область (рис. 3). Исходя из полученных данных пеностеклянный щебень необходимо дополнительно подвергать рассеву и фракционированию.

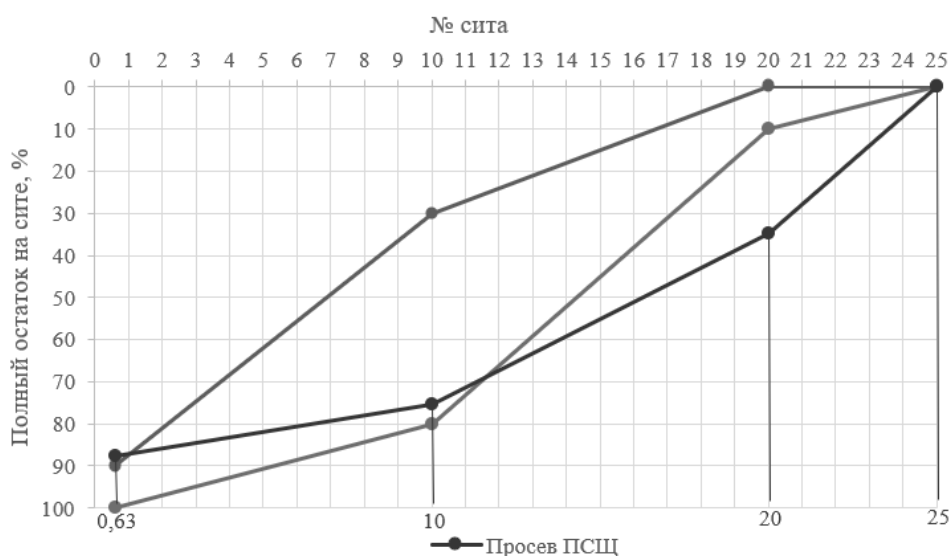


Рис. 3. Определение зернового состава пеностеклянного щебня

ВЫВОДЫ

Легкий самоуплотняющийся бетон является менее популярным, чем обычный самоуплотняющийся бетон из-за его малой изученности и использования в строительстве. Также установлено, что большое влияние на свойства самоуплотняющегося бетона оказывается не только плотность заполнителя, но и его форма и размер.

Исследование свойств пеностеклянного щебня показали, что его нельзя использовать сразу после производства для изготовления самоуплотняющегося бетона. Данный заполнитель необходимо дополнительно фракционировать для достижения более плотной упаковки зерен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Choi, Y. W., Kim, Y. J., Shin, H. C. and Moon, H. Y. An experimental research on the fluidity and mechanical properties of high-strength lightweight self-compacting concrete // *Cement and Concrete Research*, 36. – 2006. – Pp. 1596-1602.
2. Müller, S. H. and Haist, M. Self-compacting lightweight concrete // *Betonwerk und Fertigteil-Technik*, 12. – 2004. – Pp. 8-17.
3. Yashar, M., Behzad, V. Effect of pre-coating lightweight aggregates on the selfcompacting concrete // <https://doi.org/10.1002/suco.202000744>. – 2021. – Pp 1-12.
4. Dolatabad, Y.A., Kamgar, R., Jamali Tazangi, M.A. Effects of perlite, leca, and scoria as lightweight aggregates on properties of fresh and hard self-Compacting concretes. *J. Adv. Concr. Technol.* 18 // <https://doi.org/10.3151/JACT.18.633>. – 2020. – Pp. 633-647.
5. Mazaheripour, H., Ghanbarpour, S., Mirmoradi, S.H., Hosseinpour, I. The effect of polypropylene fibers on the properties of fresh and hardened lightweight selfcompacting concrete. *Constr. Build. Mater.* 25 // <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.06.018>. – 2011. – Pp. 351-358.

КОМПЛЕКСНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ И УСИЛЕНИЕ ГРУНТА

Д. Е. Санько¹, Рави Сагар Поудел², А. Д. Жуков³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ dianas2aug@gmail.com

² unlessmoney00@gmail.com

³ lj211@yandex.ru

Аннотация

Стабилизация и укрепление грунта осуществляется введением органических или минеральных добавок-модификаторов, комплексных добавок, и может сопровождаться термическим или механическим воздействием на грунт. Представляет интерес использование тонкомолотых металлургических шлаков, проявляющих как гидравлический, так и пуццолановые эффекты.

Целью исследований было изучение характеристик модифицированного грунта за счет введения комплексной минеральной добавки на основе негашеной извести и молотого шлака при механическом воздействии на исследуемые образцы.

Эксперимент был основан на методах математического планирования и статистической обработки результатов с проверкой значимости коэффициентом и адекватности полученных моделей. Полученные модели исследовались с применением методов математического анализа функций нескольких переменных. В качестве варьируемых факторов были приняты: расход негашеной извести, расход молотого шлака и удельная поверхность молотого шлака, а также давление уплотнения. В качестве функций отклика приняты прочность модифицированного грунта в возрасте 28 твердения в нормальных условиях и его средняя плотность.

Установлено, что введение негашеной извести и молотого шлака в условиях механического воздействия на ранних стадиях твердения позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики грунта. Установлены оптимальные значения расхода молотого доменного гранулированного шлака и его удельной поверхности, которые составили соответственно 363 ± 18 кг/м³ и 383 ± 10 м²/кг. Получены оптимизированные зависимости прочности и плотности грунта как функций расхода извести и давления уплотнения, осуществлена их графическая интерпретация и разработан алгоритм расчётной программы для компьютера.

Ключевые слова: грунт, стабилизация, суглинок, негашеная известь, молотый шлак, уплотнение грунта

ВВЕДЕНИЕ

Стабилизация и укрепление грунта — это комплекс инженерных мероприятий, направленных на повышение надежности, долговечности и механических характеристик грунтов как оснований для зданий и сооружений. В основе этих воздействий лежит модификация свойств грунтов механическими, термическими и химическими методами [1–3]. Обязательным условием является совместимость видов используемых добавок-модификаторов и свойств грунта, а также условия термического или механического воздействия на грунт с типом добавки и характеристиками грунта.

Укрепление осуществляется на слабых грунтах и для пучинистых грунтов как в условиях строительства дорог, так и оснований фундаментов. К этой группе относятся глинистые грунты, суглинки и супеси. Эти типы грунта в нестабилизированном состоянии может не только нарушать технологические и логистические процессы, но и представлять непосредственную опасность для человеческой жизни.

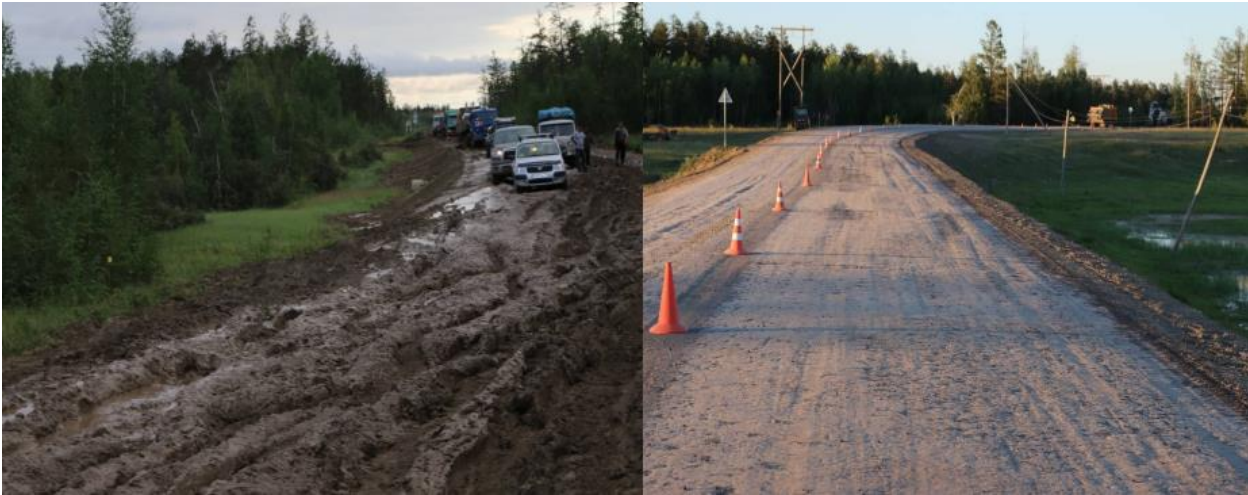


Рис. 1. Стабилизация грунта как основания дорог

На эффективность стабилизации грунта оказывают наиболее значимое влияние следующие группы характеристик естественных грунтов. Во-первых, содержание глинистых или (и) песчаных частиц. Во-вторых, это число пластичности и водородный показатель грунта. В-третьих, это содержание гумусовых веществ, гипса, хлоридов и сульфатов. Очень важным является гидрогеологическое состояние грунта, в том числе его естественное увлажнение, уровень грунтовых вод, уровень паводковых вод, а также возможное присутствие подземных рек, каркстовых пустот и пр. Поэтому при назначении того или иного способа (технологии) стабилизации в обязательном порядке должны проводиться исследования свойств грунта [4–6].

Стабилизация грунта осуществляется с целью изменения физико-механических свойств этого грунта. Стабилизацию осуществляют введением минерального вяжущего, синтетических или органических эмульсий, минеральных добавок. в сочетании (или без него) с термическим воздействием или механическим уплотнением.

Песчаные грунты, суглинки и супеси могут стабилизировать за счет распределения и усреднения корректирующего дополнительного грунта; введением стабилизатора в грунт природной плотности. По воздействию на материал грунта стабилизаторы подразделяют на гидрофобизаторы и упрочнители. Упрочнители не только уменьшают, развитие процессов пучения при промерзании грунта, а также изменяют водно-физические и физико-механические свойства грунта [7–9].

Научные основы о основные теоретические принципы стабилизации дисперсных систем, в том числе и упрочнения грунтов были заложены в трудах академика П.А. Ребиндера и его сотрудников в рамках создания основ и практических приложений физико-химической механики. В частности, была подтверждена определяющая роль физико-химических явлений на границах раздела фаз во всех процессах взаимодействия частиц и структурообразования. Изучены процессы смачивания, адгезии, адсорбции, изменения величины межфазного натяжения, образования особых граничных слоев, большинство из которых являются основой формирования свойств грунтов и их модификации. Развита представления о возможности и эффективности управления структурно-механическими свойствами дисперсных систем и материалов при оптимальном сочетании механических воздействий (например, вибрационных, импульсных, уплотнения) и физико-химических факторов. Значительный вклад в развитие грунтоведения и формирование теории стабилизации грунтов внесли академики М.В. Филатов, М.С. и школы грунтоведения [10, 11].

Введение в грунт химических веществ помимо прямых реакций, направленных на усиление грунта, позволяет изменять поверхностный потенциал частиц грунта, что

способствует улучшению процесса его уплотнения. Установленный факт используется при разработке условий комплексной стабилизации и укрепления грунта.

Технология струйной цементации грунтов заключается в формировании условий для создания грунтоцементного массива путём интенсивного смешения частичек грунта и цементно-водной суспензии. Практическое применение имеют различные методики струйной цементации грунтов, такие как: одно- двух- и трехкомпонентная струйная цементация [12–14]. Замена портландцементного клинкера как основного компонента, стабилизирующего грунт на менее энергоёмкие материалы, например негашеную известь позволяет значительно снизить затраты по стабилизации и укреплению грунта. Представляет также интерес использование шлаков и шлакощелочного вяжущего.

Целью исследований было изучение характеристик модифицированного грунта за счет введения комплексной минеральной добавки на основе негашеной извести и молотого шлака при механическом воздействии на исследуемые образцы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований был песчанистый суглинок с числом пластичности 9,1; максимальной плотность 1720 кг/м³ и оптимальной влажностью 18,6%. В состав комплексной модифицирующей добавки входили негашеная известь (ГОСТ9179-2018) и молотый гранулированный доменный шлак (ТУ 0799-001-99126491-2013).

Использовалась известь, измельченная до остатков на ситах № 02 и № 008 не более 1,5% и 15% соответственно. Содержание активных СаО и MgO 80%; непогасившихся зерен – не более 8%. Химический состав доменного шлака: SiO₂ – 90,76% масс.; Fe₂O₃ – 2,47%; Al₂O₃ – 2,24; СаО – 0,53%; Na₂O – 0,57. Потери при прокаливании – 3,4%.

Свойства суглинка и характеристики модифицированного грунта определялись по методикам ГОСТ. Эксперимент был основан на методах математического планирования и статистической обработки результатов с проверкой значимости коэффициентом и адекватности полученных моделей. Полученные модели исследовались с применением методов математического анализа функций нескольких переменных [15, 16].

В качестве варьируемых факторов приняты: расход негашеной извести (X₁) в кг на 1 м³ грунта, расход молотого шлака (X₂) в кг на 1 м³ грунта, удельная поверхность молотого шлака (X₃), давление уплотнения (X₄). В качестве функций отклика приняты прочность модифицированного грунта в возрасте 28 твердения в нормальных условиях (Y₁) и средняя плотность модифицированного грунта (Y₂). Условия эксперимента представлены в табл. 1.

Табл. 2. Условия проведения четырехфакторного эксперимента

Наименование фактора	Символ X _i	Среднее значение фактора, X̄ _i	Интервал варьирования, ΔX _i	Значения фактора на уровнях	
				-1	+1
Расход негашеной извести, кг/м ³	X ₁	100	40	60	140
Расход молотого шлака, кг/м ³	X ₂	240	140	100	380
Удельная поверхность молотого шлака, м ² /кг	X ₃	300	100	200	400
Уплотняющая нагрузка, МПа	X ₄	4,0	2,0	2,0	6,0

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Математические модели процессов как функции нескольких переменных или уравнения регрессии получены в результате статистической обработки результатов активного эксперимента. Был проведен четырехфакторный полный эксперимент, в основу

планирования которого была положена матрица типа $2^4+2 \times 4+4$. В результате статистической обработки экспериментального материала получены следующие уравнения регрессии:

– для прочности при сжатии:

$$Y_1 = 7,1 + 1,2X_1 + 0,7X_2 + 0,5X_3 + 0,4X_4 + 0,6X_1X_4 - 0,4X_2^2 - 0,3X_3^2 \quad (1)$$

– для средней плотности:

$$Y_2 = 1880 + 52X_1 + 18X_2 + 20X_3 + 32X_4 + 18X_1X_4 \quad (2)$$

Величины доверительных интервалов для прочности модифицированного грунта при сжатии составила $\Delta b_1 = 0,2$ МПа, а для средней плотности — $\Delta b_2 = 12$ кг/м³. Коэффициенты меньше по модулю доверительных интервалов были приняты незначимыми (их величина не превышала ошибки эксперимента) и приравнявались нулю. Проверка по критерию Фишера показала адекватность полученных моделей реальным значениям активного эксперимента.

На прочность при сжатии наибольшее влияние оказывает расход негашеной извести (коэффициент при X_1 равный 1,2). Ионы Ca^{++} , вступая в физико-химическое взаимодействия с веществами, из которых состоит грунт, с одной стороны способствует формированию химически-связанных комплексов, а с другой изменяют электронный потенциал частиц грунта, изменяя его связность, что способствует улучшению уго уплотнения (коэффициент при X_1X_4 равный 0,6). Влияние на прочность расхода шлака и его удельной поверхности неоднозначно. При расходе молотого шлака ниже некоторого оптимального значения прочность возрастает, затем начинает снижаться (коэффициент при X_2 равный 0,7 и при равный $-0,4$). Аналогично имеет место оптимум и по удельной поверхности молотого шлака (коэффициент при X_3 равный 0,5 и при равный $-0,3$). Поиск оптимальных значений будет осуществляться методом аналитической оптимизации.

Средняя плотность грунта увеличивается как за счет действия составляющих комплексной модифицирующей добавки, так и за счет механического уплотнения. Наиболее значимыми факторами являются расход негашеной извести и уплотняющая нагрузка (коэффициенты при X_1 и X_4 равные соответственно 52 и 34).

Метод аналитической оптимизации основан на констатации факта, что полученные в результате реализации статистических методов уравнения регрессии с одной стороны являются моделями, адекватно описывающими изучаемые процессы, а с другой стороны функциями нескольких (в данном случае четырех) переменных, для изучения которых допустимо применение методов математического анализа. В частности, исследования функций методами дифференцирования.

Метод разработан в НИУ МГСУ и опробован при изучении технологий и рецептур многих строительных материалов. метод включает следующие этапы:

- определение локальных оптимумов по факторам, влияние которых имеет ярко выраженный нелинейный характер (в данном случае это расход шлака и его удельная поверхность);
- определение натуральных оптимальных значений расход шлака и его удельной поверхности;
- оптимизация функций отклика (1 и 2) с учетом оптимальных значений X_2 и X_3 ;
- графическая и аналитическая оптимизация результатов.

1). Определяем локальные оптимумы по функции $Y_1 = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$:

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_2} = 0,7 - 0,8X_2 = 0 \rightarrow X_2 = \frac{0,7}{0,8} = 0,88$$

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_3} = 0,5 - 0,6X_3 = 0 \rightarrow X_3 = \frac{0,5}{0,6} = 0,83$$

2). Определяем натуральные значения факторов (с учетом данных табл.1: средних значений и интервалов варьирования):

– расход молотого шлака: $R_{ш} = 240 + 0,88 \times 140 = 363 \pm 18 \text{ кг/м}^3$

– удельная поверхность молотого шлака: $S_{ш} = 300 + 0,83 \times 100 = 383 \pm 10 \text{ м}^2/\text{кг}$

3). Осуществляем оптимизацию функций (подставляя в полиномы (1 и 2) значения $X_2 = 0,88$ и $X_3 = 0,83$

– для прочности при сжатии:

$$Y_1 = 7,6 + 1,2X_1 + 0,4X_4 + 0,6X_1X_4 \quad (3)$$

– для средней плотности:

$$Y_2 = 1913 + 52X_1 + 32X_4 + 18X_1X_4 \quad (4)$$

4). Графическая интерпретация оптимизированных полиномов (3 и 4). Представлена в виде номограммы (рис. 2). В секторе I номограммы устанавливается зависимость прочности модифицированного грунта от расхода негашеной извести и уплотняющей нагрузки; в секторе II — зависимость средней плотности грунта от тех же факторов.

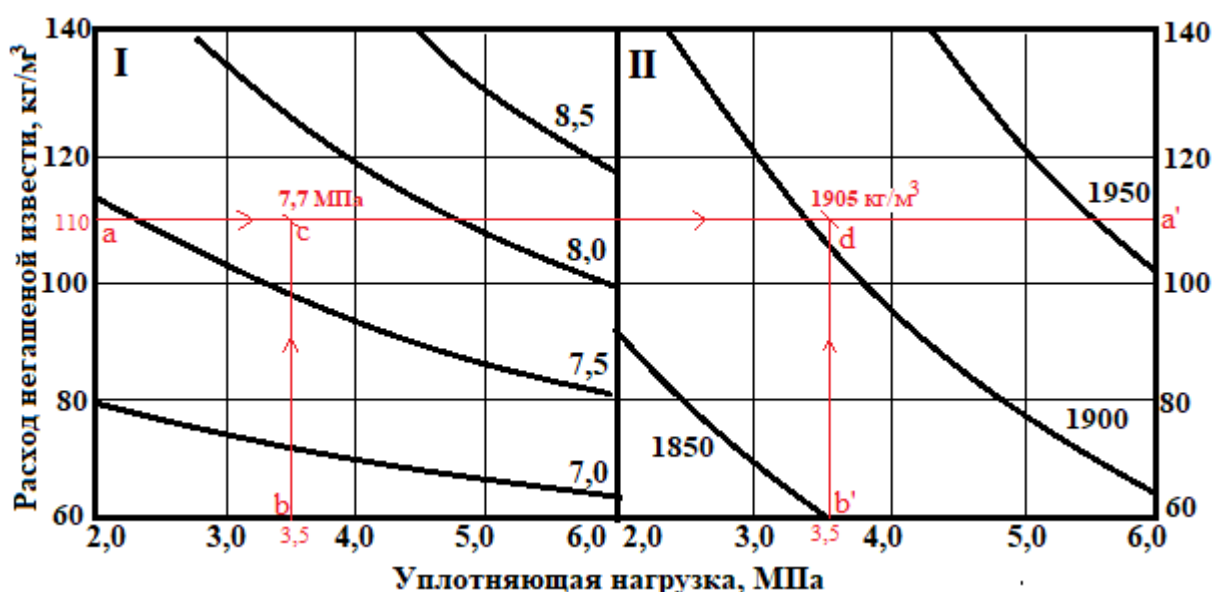


Рис. 2. Номограмма для прогнозирования свойств модифицированного и уплотненного грунта при оптимальных значениях расход молотого шлака $363 \pm 18 \text{ кг/м}^3$ и удельная поверхность молотого шлака $383 \pm 10 \text{ м}^2/\text{кг}$

Решение задачи прогнозирования свойств изделий с помощью номограммы осуществляется в следующей последовательности. Задают значения расхода извести и уплотняющей нагрузки. Например, соответственно 110 кг/м^3 и $3,5 \text{ МПа}$. Этим значениям соответствуют точки a и b номограммы. Из точки «a» проводим прямую параллельную оси абсцисс (a, a'). Из точки «b» проводим прямую, параллельную оси ординат. На пересечении с прямой (a, a') получаем точку «c», которой соответствует прочность грунта, равная $7,7 \text{ МПа}$ (интерполяция). Далее из точки «b'» проводим прямую параллельную оси ординат до пересечения с прямой (a, a') и получаем точку «d», которой соответствует средняя плотность грунта 1905 кг/м^3 (интерполяция).

Решение прогностической задачи по оценке свойств модифицированного и уплотненного грунта в зависимости от задаваемых значений варьируемых факторов может быть реализовано с помощью программы для ЭВМ, алгоритм которой представлен на рис. 3.

Работа программы для ЭВМ основана на последовательном выполнении расчётных операций: введения факторов, кодирования факторов; расчёта и вывода результатов. Блок

кодирования, основой которого является табл. 1, обеспечивает переход от натуральных значений факторов к приведенному интервалу $[-1, +1]$. Переход к кодированному виду и обратно к натуральному осуществляется по следующим формулам:

Расчётная формула для кодирования:

$$X_i = \frac{X_{cpi} - X_{ni}}{\Delta X_i} \quad (5)$$

Расчётная формула для декодирования:

$$X_{ni} = X_{cpi} + \Delta X_i \quad (6)$$

Где: X_{ni} – натуральное значение i -го фактора; X_{cpi} – среднее значение i -го фактора ΔX_i – интервал варьирования i -го фактора; X_i – кодированное значение i -го фактора

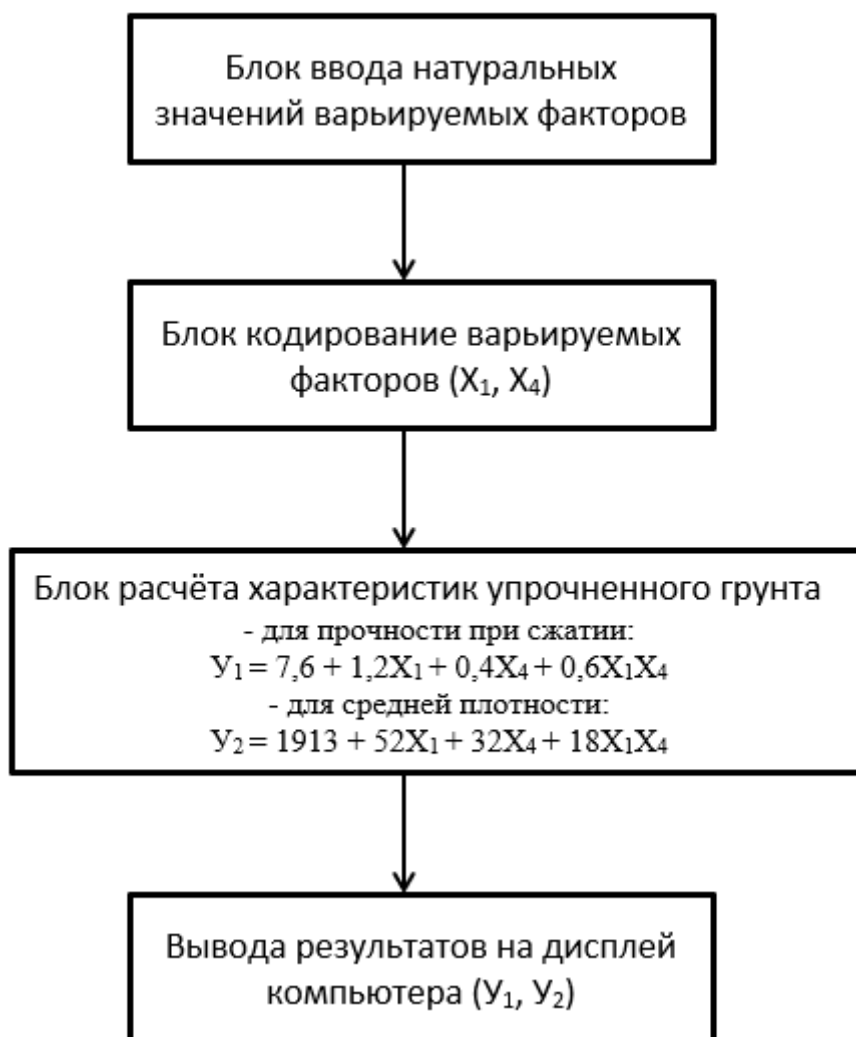


Рис. 3. Алгоритм компьютерной программы для прогнозирования свойств фибробетона

Расчетный блок алгоритма содержит оптимизированные математические модели, связывающие прочность и плотность модифицированного грунта с расходом негашеной извести и величиной уплотнения (3 и 4). При этом оптимальные значения расхода молотого шлака 363 ± 18 кг/м³ и удельной поверхности молотого шлака 383 ± 10 м²/кг не изменяются.

Блок «выход данных» позволяет вывести на печать или монитор компьютера результаты по прочности при сжатии и средней плотности композиционного вяжущего в натуральных единицах.

ВЫВОДЫ

Стабилизация слабого грунта и его упрочнение являются инженерными мероприятиями необходимыми как при строительстве дорог, так и обустройстве оснований зданий. Реализации таких работ позволяет снижать объемов выемки слабых грунтов, минимизировать количества завозимых инертных материалов, снижать предрасположенность основания к морозному пучению. Эти инженерные мероприятия имеют высокую производительность. А процесс набора прочности модифицированной и упрочненного грунта постоянен и не прекращается во времени.

Установлено, что применение комплексной модификации грунта за счет введения композиционного состава из негашеной извести и тонкомолотого гранулированного доменного шлака в сочетании с механическим уплотнением позволяет получать модифицированный грунт по своим свойствам, вполне соответствующий требованиям, предъявляемым к основаниям дорог, а также основаниям для фундаментов зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинт Э.М. Влияние водорастворимого полимерного стабилизатора грунта на физико-механические свойства песчаного грунта // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 5 <http://naukovedenie.ru/PDF/44TVN614.pdf>. DOI: 10.15862/44TVN514
2. Kashevarova G. G., Makovetskiy O. A.. Analysis of Experimental and Estimated Jet-grouted Soil Mass Deformations // *Procedia Engineering*, Volume 150, 2016, Pages 10.1016/j.proeng.2016.07.268.
3. Кнатько В.М. Укрепление дисперсных грунтов путем синтеза неорганических вяжущих веществ. Л.: изд-во ЛГУ, 1989. 272 с.
4. Абрамова Т.Т. Использование стабилизаторов для улучшения свойств связных грунтов / Т.Т. Абрамова, А.И. Босов, К.Э. Валиева // *Геотехника*. – 2012. – № 3. – С. 4-28.
5. Butchibabu B., Prosanta Kumar Khan, P. C. Jha. Foundation evaluation of underground metro rail station using geophysical and geotechnical investigations// *Engineering Geology*, Volume 248, 8 January 2019, Pages 140-154. DOI: 10.1016/j.enggeo.2018.12.001.
6. Zhi-Feng Wang, Shui-Long Shen, Giuseppe Modoni. Enhancing discharge of spoil to mitigate disturbance induced by horizontal jet grouting in clayey soil: Theoretical model and application // *Computers and Geotechnics*, Volume 111, July 2019, Pages 222-228 DOI: 10.1016/j.compgeo.2019.03.012.
7. Xiushan Wang, Sunghyok Kim, Yuepeng Wu, Yu Liu, Tianyun Liu, Yiming Wang. Study on the optimization and performance of GFC soil stabilizer based on response surface methodology in soft soil stabilization // *ScienceDirect. Soils and Foundations*. Volume 63, Issue 2, April 2023, 101278. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2023.101278>
8. Arioz O, Tokyay M, Arioz E (2006) Properties of fly ash-FGD gypsum-lime based products. *Australas Ceram Soc* 42(1):13–21
9. Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинт Э.М., Еличев К.А. Стабилизация грунта неорганическими вяжущими// Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6 <http://naukovedenie.ru/PDF/44TVN614.pdf>. DOI: 10.15862/44TVN614
10. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах: Избр. труды. - М.: Наука, 1978. 384 с.
11. Королёв В.А., Герасимова А.С., Кривошеева З.А. Инженер-геологи Московского университета: Преподаватели и сотрудники кафедры инженерной геологии и охраны геологической среды геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Биографо-библиографический справочник / Под ред. В.Т. Трофимова. – М., Изд-во Московского университета, 1998, - 190 с.
12. Алексеев В.А., Баженова О.Ю., Поудел Рави Сагар Проблема реализации технологии струйной цементации в сложных инженерно-геологических условиях // *Техника и технология силикатов*. 2022 Т. 29. №3. С. 274 – 283

13. Mahdi Heidari, Fulvio Tonon. Ground reaction curve for tunnels with jet grouting umbrellas considering jet grouting hardening // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Volume 76, June 2015, Pages 10.1016/j.ijrmms.2015.03.021.
14. Makovetskiy O. A. Application of “Jet Grouting” for Installation of Substructures of Estates // *Procedia Engineering*, Volume 150, 2016, Pages 2228-2231. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.269.
15. A.D. Zhukov, I.V. Bessonov, Demissi Bekele A., E.A. Zinoveva. Analytical optimization of the dispersion-reinforced fine-grained concrete composition // *CATPID 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 1083. (2021) 012037. doi:10.1088/1757-899X/1083/1/012037.
16. Alexey D. Zhukov, Ekaterina Yu. Bobrova, Ivan I. Popov, Demissie Bekele Arega. System analysis of technological processes // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 17(4) 73–82 (2021). DOI:10.22337/2587-9618-2021-17-4-73-82.

СОВРЕМЕННЫЕ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УСТРОЙСТВА ЭНЕГООЭФФЕКТИВНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И. В. Ларионов¹, И. Н. Дорошин²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ larionovivan1703@yandex.ru

Аннотация

Предмет исследования: современные и рациональные методы, а также процессы устройства энергоэффективных фасадных систем в современных проектах Москвы.

Цели: систематизация наиболее рациональных методов устройства энергоэффективных фасадных систем в соответствии с современными архитектурными, инженерными и иными требованиями.

Исходя из поставленной цели, были сформулированы следующие задачи:

1. Провести теоретический анализ проблемы исследования;
2. Изучить существующие решения технологии устройства энергоэффективных фасадных систем в различных видах строительства;
3. Произвести мониторинг передовых решений данной отрасли (на примере ЖК «Зиларт»), посредством наблюдения за различными этапами фасадных работ;
4. Интерпретировать и систематизировать полученные данные.

Материалы и методы: анализ применяемых оптимизационных современных технических решений устройства энергоэффективных фасадных систем в строительстве, сравнительный анализ, синтез, индукция, дедукция.

Результаты: предмет исследования изучен на предполагаемом уровне, после теоретического анализа основных проблем и методов работы, а также ознакомления с технологиями, неразрывно связанными с интересующими нас процессами строительно-монтажных работ, были подробно изучены и систематизированы передовые решения, использующиеся на объектах жилищного строительства, находящихся на этапе фасадных работ или введенные в непосредственную эксплуатацию.

Выводы: существует возможность использования полученных данных и предложений, связанных с техническими решениям по устройству навесных вентилируемых фасадов из клинкерного кирпича и фибробетона в деятельности строительных организаций, а также в образовательных и научных целях.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наиболее важным направлением является строгое соблюдение требований по теплозащите окружающих конструкций проектируемых и строящихся зданий. Ограждающие конструкции (в частности наружные стены) имеют около 40% в потерях энергии, а в отдельно взятых случаях значительно больше, исходя из этого, одним из мероприятий, рекомендуемых в первую очередь в энергетических паспортах зданий, остается улучшение их теплоизоляционной способности. Таким образом, установление требуемого уровня класса энергетической эффективности и повышение тепловой защиты снижает расходы необходимого отопления и тепловой энергии, а также увеличивает срок эксплуатации самого здания.

В России Приказом Минстроя от 17 ноября 2017 года N 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» и Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 сентября 2021 года N 1628 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической

эффективности многоквартирных домов», устанавливается необходимость указания, а также требований по проектированию класса энергоэффективности «В» - высокий для зданий, строящихся с 2018 года. Внедрение технологии навесного вентилируемого фасада в Европе уже считается основной и наиболее распространенной.

Основной научной проблемой, исходя из всего вышесказанного, является актуальный вопрос энергоэффективности и наиболее инновационные способы его решения. В данный момент он имеет значение для развития строительной отрасли и теплофизики, а также внедрение передовых решений и технологий, выгодных с финансовой точки зрения и в то же время, отвечающих эстетическим и архитектурным запросам современных городов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Описывая основные и актуальные исследования и публикации, стоит обратить внимание на проблему точечных мостиков холода навесных фасадных систем. Данная технология имеет ряд недостатков, среди которых выделяется теплотехническая неоднородность. Увеличение коэффициента однородности в конструкции вентилируемых фасадных систем - важная задача, решение которой может повысить энергоэффективность зданий посредством снижения теплопотерь [1].

Помимо этого, важным вопросом остается и материал облицовки вентилируемых фасадов. Проводимые исследования в данной сфере отражены в многочисленных статьях отечественных и зарубежных авторов. Использование алюминиевых материалов в качестве конструктивных элементов фасадов позволяет добиться наиболее рационального соотношения цена-качество, а также, сохранить эстетичный внешний вид и эксплуатационные характеристики зданий и сооружений [2].

Актуальность применения керамических навесных фасадов в современном строительстве является не менее важным вопросом [3]. Так или иначе, выбор облицовочного материала зависит от множества факторов, начиная от несущей подсистемы и заканчивая финансовыми и архитектурными требованиями. В ходе проделанной работы данные факторы и требования будут разобраны на конкретных примерах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения желаемого результата исследования, было принято решение придерживаться таких материалов и методов как: анализ применяемых оптимизационных современных технических решений устройства энергоэффективных фасадных систем в строительстве, сравнительный анализ, а также синтез, индукция, дедукция. С целью ознакомления и дальнейшего изучения хода строительных работ и углубления в технологический процесс монтажа вентилируемых фасадов, было использовано фотооборудование с оптическим зумом. Обобщение и систематизация полученных данных дала возможность разобрать интересующую нас тему наиболее точно и эффективно.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на огромное множество ограждающих конструкций, интерес к вентилируемым фасадам увеличивается с каждым днём, так как система является перспективной и обладает большим количеством достоинств. Применение вентилируемых навесных фасадов в роли отделки наружных стен в России растёт, согласно исследованиям, которые графически отражены на рисунке 1.

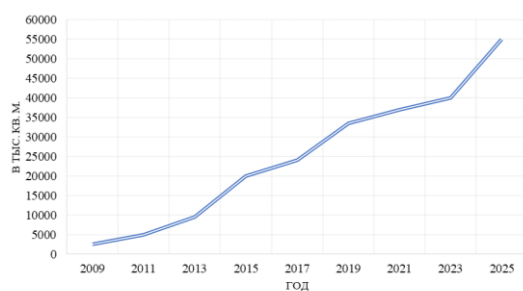


Рис. 1. Прогноз применения вентилируемых навесных фасадов

Цель энергетической эффективности состоит в том, чтобы обеспечить минимальное потери тепла зданий, и таким образом, уменьшить использование требуемого количества энергии для восполнения тепловых потерь. Исследования показали, что большинство потребляемой энергии для восполнения уходит на тепловые потери через ограждающие конструкции зданий и сооружений (с соответствием с рисунком 2) [4]:

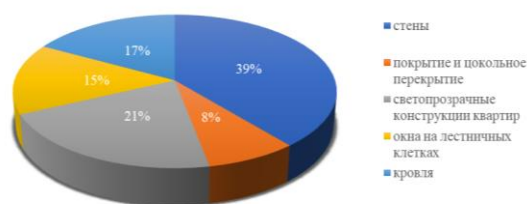


Рис. 2. Теплопотери ограждающих конструкций зданий, %

Данное исследование в очередной раз подтверждает важность и главенствующее значение стен в вопросах тепловых потерь зданий и сооружений. Также, важную часть занимают светопрозрачные конструкции квартир (21%), стоит отметить, что при панорамном остеклении процент теплопотерь через подобный вид конструкций ощутимо растет, технология монтажа существенно меняется. На рисунке 3 приведен процесс монтажа светопрозрачных конструкций при панорамном остеклении в передовом московском проекте «Тауэр» по адресу бульвар Братьев Весениных, 9.

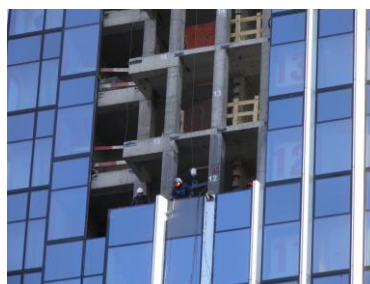


Рис. 3. Монтаж панорамного остекления на объекте «Тауэр»

Один из способов снижения теплопотерь светопрозрачных фасадов, который применяется в большинстве стран Европейского Союза, это устройство «двойного фасада» (приведен на рисунке 4). Усиленное изоляционное остекление двойного фасада имеет более высокие тепловые характеристики, чем обычное одно остекление. Слой оксидов металлов, нанесенный на одну из внутренних сторон двойного остекления, позволяет ограничить приток солнечной энергии летом (за счет ограничения проникновения инфракрасного излучения) и потери излучения зимой. Действительно, солнечное излучение имеет определенную длину волны, оно легко проходит через стекло и лишь небольшой процент возвращается наружу. Также, при использовании остекления двойного фасада, потери

составляют 36 Вт/м², что на 75 % меньше, чем при одинарном остеклении, именно этот способ обеспечивает энергоэффективность самого здания [5].

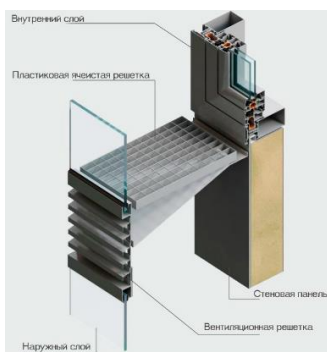


Рис. 4. Устройство «Двойного фасада»

Считая, суммарное потребление энергии на 1м² в жилищном строительстве в России существенно выше, чем в странах Европейского Союза или Китая, важно иметь в виду, что эти показатели зависят от параметров климата, которые отличаются в Европе и России: эксплуатационной структуры зданий, инженерные и архитектурные решения фасадных систем, обеспеченность жилой площади и этажность зданий (в России строятся здания большей этажности чем в странах Европейского Союза. Смотря на диаграмму, показатель по России близок с странами схожего климата и структуры зданий Эстонии и Латвии, но в сравнении с Германией и другими странами существует большая разница (в соответствии с рисунком 5) [6].

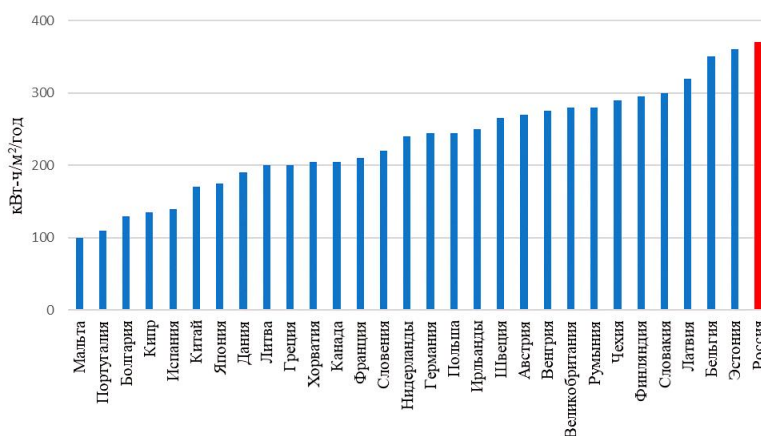


Рис. 5. Суммарное потребление энергии на 1м² в жилищном строительстве в России

Перейдем к еще одной передовой технологии облицовки вент. фасада – к клинкерной плитке. Сырье сначала подвергают специальной обработке, а затем обжигают в печи при высоких температурах (1000 °С). Полученная таким образом плитка не содержит пустот и пузырьков воздуха внутри, что делает её очень прочной и не подверженной деформации со временем. Ещё одним преимуществом использования этого материала является то, что клинкерная плитка достаточно легкая и не оказывает существенного давления на фундамент здания. Плитка хорошо выдерживает мороз, ветер и пыль – не царапается, не деформируется, не требует покраски и дополнительной обработки. Сама плитка монтируется на горизонтальные направляющие с последующей заделкой межплиточных швов (рисунок 6) [7].

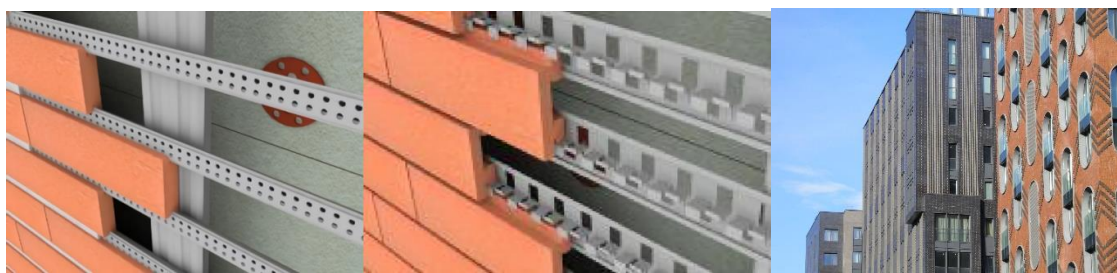


Рис. 6. Устройство клинкерной плитки с затиркой и без (1-я и 2-я картинка) [7]. Жилые здания, отражающие данную технологию (3-я картинка)

Раскрывая вопрос технологических особенностей монтажа описанных ранее систем, стоит отметить широкое применение телескопических и коленчатых подъемников, а также сочетания различных облицовочных материалов, вплоть до грани одного объекта жилищного строительства: постепенный “переход” от клинкерного кирпича к панелям из кортеновской стали (легированная сталь, устойчивая к атмосферной коррозии и имеющая бархатистую структуру - её плотная окисная плёнка (ржавчина) препятствует дальнейшему проникновению воды к металлу (самопассивирование), поэтому сталь, однажды покрывшись патиной, навсегда сохраняет свой коричневатый цвет) рассмотрен на примере одного из жилых зданий ЖК «Зиларт».

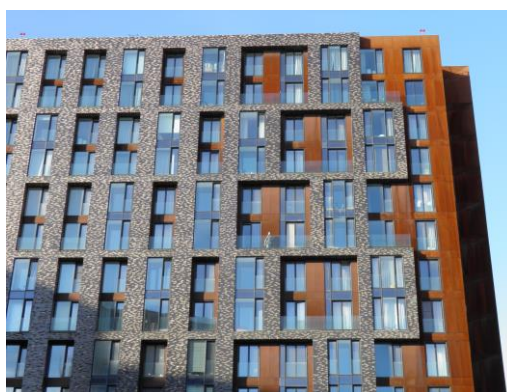


Рис. 7. Жилое здание с «двойной» облицовкой фасада

ВЫВОДЫ

Таким образом, в ходе проведенного исследования была достигнута основная цель работы и решены все поставленные задачи:

1. Проведен теоретический анализ проблемы технологии устройства энергоэффективных фасадных систем в жилищном строительстве;
2. Изучены существующие технологии и материалы, а также решения в различных видах современного строительства;
3. Был произведен мониторинг строящихся и сданных объектов ЖК «Зиларт», на основании чего получены наглядные обоснования и примеры описываемых технологий;
4. В конечном итоге данные были интерполированы и структурированы в наиболее емкий из возможных форматов.

Необходимо отметить, что строительная отрасль не стоит на месте, а значит и технологии ее развивающиеся постоянно модернизируются. Это отражается в материалах (таких как клинкерная облицовка, фибробетон, кортеновская сталь), системах двойного панорамного остекления, внедренных на передовых проектах, архитектурных решениях, составляющих запоминающийся образ современной городской среды. Безусловно, вопрос энергетической эффективности предстоит решать еще долгие годы, но исходя из уже

имеющихся разработок, можно с уверенностью заявить, что отрасль строительства движется по правильному курсу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шатилов Н.Д. Проблема точечных мостиков холода навесных фасадных систем // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2021. Том №2. С. 161-164.
2. Деловая А.В. Достоинства и недостатки алюминиевых сплавов при устройстве вентилируемых фасадов // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2020. №8. С. 39-45.
3. Охотная А.С., Кузнецов С.С., Котляр В.Д. Актуальность применения керамических навесных фасадов в современном строительстве. Актуальные проблемы науки и техники. 2019. Материалы национальной научно-практической конференции. 2019. С. 757-760.
4. Ливчак В.И. Обоснование расчета удельных показателей расхода тепла на отопление разноэтажных жилых здания. Энергосбережение. 2005. № 2.
5. Гликин, С.М. Роль светопрозрачных конструкций в энергосбережении зданий // Строительные науки. Строительная теплофизика и энергосбережение, 2009. С. 381-384.
6. European Commision. 2030 climate and energy framework. [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/clima/euaction/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en.
7. Павлова, Л.В. Качество и надежность теплозащиты зданий // Л.В. Павлова; Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 4 (12). С. 99-105.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ФИБРОБЕТОННЫХ БАЛОК СО СТЕКЛОКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

С. К. Хлебников¹, К. Л. Кудяков²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

^{1,2} Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5,

¹ s.xlebnikov@mail.ru

² konst_k@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы влияния полимерфибробетона (ПФБ) на напряженно-деформированное состояние нормальных сечений изгибаемых бетонных элементов, армированных стеклокомпозитной арматурой (АСК) без предварительного напряжения.

В настоящее время имеется достаточно широкий спектр видов неметаллических материалов для армирования бетонных конструкций (фибра из различного сырья, стержневая и тканная арматура и пр.). С учетом значительных отличий их свойств от традиционных металлических армирующих материалов, а также большой вариативностью их физико-механических характеристик, возникают трудности в вопросах технологии, проектирования, исследования и нормирования таких материалов. Это является сдерживающим фактором для широкого применения неметаллических материалов для армирования бетонных конструкций. С учетом положительных свойств и особенностей таких материалов (коррозионная стойкость и пр.), вопросы исследования и применения армированных бетонных конструкций, изготовленных без применения металла, являются актуальными.

Цель исследования: Оценить влияние ПФБ на прочность, трещиностойкость и деформативность нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных АСК.

Материалы и методы: Реализованы испытания серий бетонных и полимерфибробетонных шарнирно-опертых балок, армированных АСК, на действие изгибающего момента с разрушением по нормальному сечению. Нагружение опытных балок проводилось поэтапно с измерением характеристик разрушения, ширины раскрытия трещин и деформации.

Результаты: Предельный изгибающий момент для ПФБ конструкций, армированных АСК, увеличивается на 10-15% по сравнению с аналогичными бетонными конструкциями. Также выявлено положительное влияние на трещиностойкость и жесткость конструкций.

Выводы: Применение полимерной фибры в составе бетона положительно влияет на прочность, трещиностойкость и жесткость изгибаемых бетонных элементов, армированных АСК. Однако необходимо учитывать возможные различия в физико-механических характеристиках материалов при изготовлении, расчетах и проектировании армированных фибробетонных конструкций, изготовленных на основе фибры из различных материалов.

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря высокой коррозионной стойкости неметаллические материалы (арматура, фибра и пр.) могут быть эффективно использованы для армирования бетонных конструкций в различных областях строительства, например, при устройстве фундаментов, полов, дорожных покрытий и иных конструкций, подверженных воздействию различных агрессивных сред. [1].

Относительная новизна арматуры композитной полимерной (АКП) и неметаллической фибры, особенности их физико-механических свойств, а также недостаточность исследований и нормативной базы ограничивает их широкое применение [2]. Техническое регулирование данных материалов и их применения в строительных конструкциях в настоящее время развивается. Нормативные документы, устанавливающие требования к части таких материалов появились относительно недавно: ГОСТ 31938 (введен в действие в 2012 г, пересмотрен в 2022 г.), СП 295.1325800.2017, СП 297.1325800.2017, СП 405.1325800.2018. Между тем до сих пор отсутствуют утвержденные нормативные документы (кроме локальных), устанавливающие технические требования для многих видов неметаллических волокон и фибры, а также фибробетонов на их основе. Это ограничивает производство и применение данных материалов.

В отличие от стальной фибры, физико-механические характеристики которой имеют единую природу, классификация неметаллической фибры имеет большой вариативный ряд материалов с различными свойствами (волокна базальтовые, углеродные, полимерные, стеклянные и пр.). В связи с этим могут возникать трудности учета разных типов неметаллической фибры при изготовлении, расчетах и проектировании армированных фибробетонных конструкций.

Так, например, рекомендуемое в СП 297.1325800.2017 значение коэффициента фибрового армирования по объему (μ_{fv}) находится в пределах 0,005...0,018 (данные величины соответствуют аналогичным значениям для сталефибробетона по СП 360.1325800.2017). При этом значения плотности стальной и неметаллической фибры могут на порядок отличаться, по этой причине для последней эффективное значение μ_{fv} ожидаемо будет ниже рекомендуемого диапазона [3-6].

В настоящей статье рассмотрены вопросы влияния полимерфибробетона (ПФБ) на прочность, трещиностойкость и деформативность нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных стеклокомпозитной арматурой (АСК).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Реализованы испытания серий бетонных (серия «Б») и полимерфибробетонных (серия «ПФБ») шарнирно-опертых балок, армированных АСК, на действие изгибающего момента с разрушением по нормальному сечению (рис. 1). Количество балок в каждой серии – 2 шт.

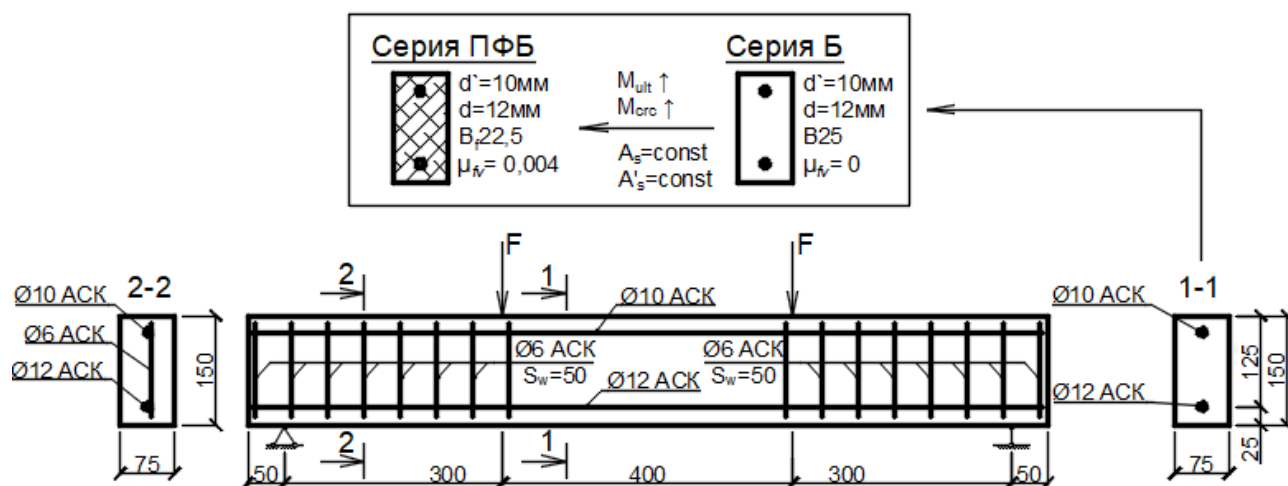


Рис. 1. Принципиальные конструктивные решения серий опытных балок

Испытания опытных балок проводились в возрасте бетона (фибробетона) не менее 28 суток с момента их изготовления. Непосредственно перед испытаниями опытных балок испытывались контрольные образцы бетона по ГОСТ 10180, ПФБ по СП 297.1325800, а также образцы АСК по ГОСТ 32492. Фактические характеристики бетона, ПФБ, АСК,

полученные по результатам стандартных испытаний контрольных образцов, приведены ниже:

- для ПФБ (при дозировке полимерной макрофибры $\mu_{fv} = 0,004$): призмная прочность $R_{fb,n} = 22,4$ МПа; модуль упругости $E_{fb} = 29,3$ ГПа; прочность при осевом растяжении, $R_{fbt,n} = 2,33$ МПа; остаточные прочности на осевое растяжение $R_{fbt2,n} = 0,75$ МПа, $R_{fbt3,n} = 0,44$ МПа;
- для бетона: $R_{b,n} = 23,6$ МПа; $E_b = 31,5$ ГПа; $R_{bt,n} = 2,18$ МПа;
- для АСК: прочность на растяжение $R_{fn} = 1000$ МПа; номинальный диаметр $d = 12,03$ мм, периодический профиль.

Перед проведением испытаний измерялись размеры поперечного сечения опытных балок, пролет и расстояния от опор до мест приложения сосредоточенной нагрузки. После испытания уточнялись рабочая высота сечения и толщина защитного слоя бетона (фибробетона).

Каждая опытная балка устанавливалась на станину испытательного пресса Instron 1000HDX на две опоры, одна из которых шарнирно подвижная, другая – шарнирно неподвижная. Нагрузка от пресса передавалась на опытную балку через жесткую траверсу и катки в виде двух сосредоточенных сил (согласно схеме на рис. 1). Нагружение образцов осуществлялось поэтапно.

На каждом этапе нагружения проводились осмотр опытных балок и измерение ширины раскрытия трещин, а также снимались показания с прогибомера, установленного в середине пролета балок (рис. 2). Для сохранности измерительного оборудования использовались страховочные подкладки. Момент образования трещин фиксировался визуально, по показаниям измерительных приборов и оптической системы измерения деформаций VIC-3D. Следует отметить относительно высокие значения прогибов, а также высоты и ширины раскрытия трещин, характерные для конструкций с АСК без предварительного напряжения арматуры.



Рис. 2. Общий вид испытания балок

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все опытные балки были доведены до разрушения. Разрушение всех балок происходило хрупко вследствие раздробления сжатого бетона (что характерно для конструкций с $\xi > \xi_R$); процесс раздробления сжатого ПФБ происходил несколько дольше, чем для бетона без фибры. Характерные схемы разрушения опытных балок приведены на рисунке 3.



Рис. 3. Характерная схема разрушения опытных балок:
 (а) – образец серии Б, (б) – образец серии ПФБ

Графики «изгибающий момент – срединный прогиб» (« $M-f$ ») для опытных балок приведены на рисунке 4. Предельный изгибающий момент для полимерфибробетонных конструкций, армированных АСК, увеличился на 10-15% по сравнению с аналогичными бетонными конструкциями. Также выявлено увеличение момента образования трещин и уменьшение ширины их раскрытия. Также для образцов серии ПФБ установлено уменьшение значений прогиба f в середине пролета конструкций до 18% при одинаковом уровне изгибающего момента M относительно аналогов без фибры.

Данные результаты свидетельствуют о положительном влиянии полимерной макрофибры с дозировкой $\mu_{fv} = 0,004$ (уменьшенной по сравнению с рекомендациями СП 405.1325800) на напряженно-деформированное состояние изгибаемых бетонных элементов, армированных АСК.

Для опытных балок выполнены расчеты M_{crc} и M_{ult} по положениям СП 295.1325800 и СП 405.1325800 с учетом их фактических геометрических характеристик и свойств материалов. Сопоставление полученных экспериментальных данных с результатами расчетов по СП 295.1325800 и СП 405.1325800 (расчетный случай при $\xi > \xi_R$) показало наличие значительного запаса фактической прочности конструкций M_{ult} (до 19 % и 31 % соответственно). При этом значения момента образования нормальных трещин M_{crc} , полученные в эксперименте и в расчетах, показали удовлетворительную сходимость в пределах 5 % в сторону запаса.

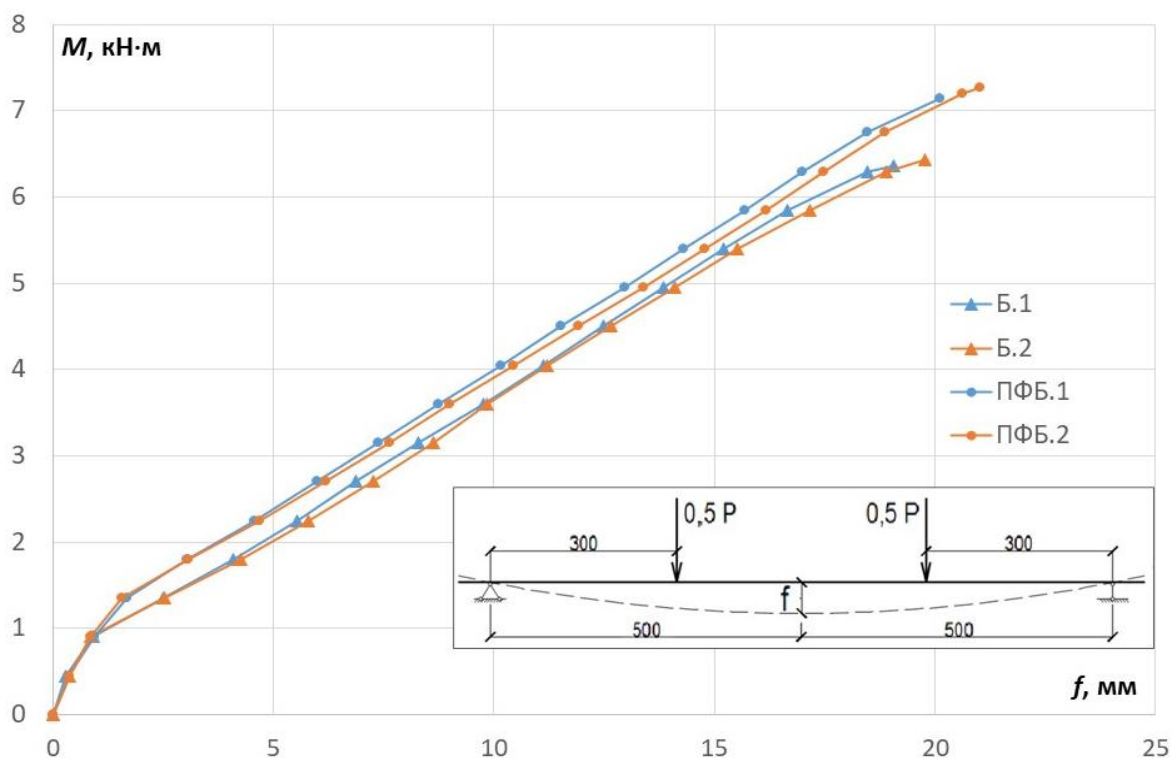


Рис. 4. График развития прогибов опытных балок серий Б и ПФБ

ВЫВОДЫ

Использование полимерной макрофибры (при её определенных дозировках) позволяет повысить прочность, трещиностойкость и жесткость изгибаемых бетонных элементов, армированных АСК. При этом в обязательном порядке необходимо учитывать различия в физико-механических характеристиках материалов (в т.ч. неметаллической фибры) при изготовлении, расчетах и проектировании армированных фибробетонных конструкций.

При проектировании таких конструкций следует учитывать их повышенную деформативность, для чего рекомендуется преднапрягать АСК в пролетных элементах для уменьшения их прогибов и увеличения трещиностойкости или применять АСК без предварительного напряжения в конструкциях, устроенных по упругому или жесткому основанию (при отсутствии специальных требований к деформациям и трещиностойкости).

Проведенные исследования свидетельствуют о возможности уточнения рекомендуемых нормами диапазонов дозировки неметаллического фибрового армирования бетона в составе конструкций, для чего рационально рассмотреть различные виды неметаллической фибры с различной дозировкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плевков В.С. Прочность и трещиностойкость изгибаемых фибробетонных элементов с преднапряженной стеклокомпозитной арматурой при статическом и кратковременном динамическом нагружении / В.С. Плевков, А.Г. Тамразян, К.Л. Кудяков. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – 204 с.
2. Маилян Д.Р., Георгиев С.В. К определению прогибов гибких внецентренно сжатых железобетонных стоек, усиленных в поперечном направлении композитными материалами // Железобетонные конструкции. 2023. Т.2. № 2. С.32–41.
3. Войлоков И.А. Базальтофибробетон. Исторический экскурс / И.А. Войлоков, С.Ф. Канаев // Материалы. Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 4. – С. 26–31.

4. Кудяков В.А., Кудяков А.И., Лукьянчиков С.А., Кудяков К.Л. Управление технологическими процессами производства модифицированных бетонов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 6 (65). С. 116-126.
5. Кудяков А.И. Совершенствование технологии изготовления базальтофибробетона с повышенной однородностью / А.И. Кудяков, В.С. Плевков, К.Л. Кудяков, А.В. Невский, А.С. Ушакова // Строительные материалы. – 2015. – № 10. – С. 44–47.
6. Кудяков А.И. Технология и состав углеродофибробетона с повышенной однородностью прочностных показателей / А.И. Кудяков, В.С. Плевков, В.В. Белов [и др.] // Вопросы материаловедения. - 2016. - № 1 (85). - С. 66-72.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Н. И. Потехин¹, Р. В. Панькин², Н. Г. Серёгин³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ potexin-2001@mail.ru

² pankin-roma@mail.ru

³ SereginNG@mgsu.ru

Аннотация

Предметом исследования является анализ проектов и сооружений из древесных материалов.

Цель исследования: оценка перспектив использования деревянных конструкций в строительстве уникальных зданий и сооружений на примере реализованных и нереализованных проектов.

Материалы и методы: поисковый, аналитический, расчётный.

Результаты: в процессе изучения различной документации, прослеживается история развития деревянных конструкций от деревянных масштабных мостов до высокотехнологичных небоскребов из клеёной древесины.

Выводы: дерево – это не только экологичный и доступный строительный материал, но и высокотехнологичное сырьё для производства более сложных материалов. Это превосходный и перспективный материал для строительства уникальных зданий и сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Как и в других областях, строительная отрасль имеет тенденцию к постоянному развитию. Требования к процессу строительства, касающиеся его скорости, эффективности и минимизации негативного воздействия на окружающую среду постоянно возрастают. Благодаря этому существует растущий спрос на строительство новых зданий методом модульного строительства.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Изучение информации о проектах из деревянных конструкций – один из способов анализа перспективы их применения в будущем. Важно было найти наиболее полные источники информации о технологиях строительства из дерева.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения цели работы, рассматривались самые яркие проекты (реализованные и нереализованные), в строительстве которых основным строительным материалом выступала древесина. Анализировались технологии возведения таких технически сложных сооружений. Обращали внимание на древесные материалы, используемые в основе несущих конструкций здания [1], [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предпосылками создания постоянного моста через реку Нева стал факт существования единственного Исаакиевского плашкоутного моста, который в периоды ледохода и ледостава разводился на несколько недель. Жители были вынуждены переходить реку по льду или на лодках во время ледохода, что представляло большую опасность. Тогда Кулибина посетила идея: создать одноарочный деревянный мост длиной около 300 метров [1].

За время работы над проектом Иван Петрович Кулибин последовательно разработал три варианта моста, пока не пришел к окончательному варианту. Окончательный вариант представлял из себя сооружение, в котором основными несущими конструкциями были спаренные деревянные арки с ромбической решеткой по обеим сторонам проезжей части, ширина которой была равна 8,52 метрам.



Рис. 1. Визуальное представление одноарочного моста И.П. Кулибина.

Академия наук и все научное сообщество отнеслось к данному проекту с должным скептицизмом. Тогда Кулибин решил провести испытания уменьшенной модели моста в масштабе 1:10. Модель выдержала нагрузку равную 63,5 тоннам при этом простояв 28 суток. Академия наук единогласно признала правильность расчетов и подтвердила возможность строительства моста.

Однако проекту так и не суждено было увидеть свет по ряду причин, а именно:

- Так как мост был деревянным, его срок службы ограничивался 20-30-ю годами, что не окупало бы затрат на его постройку, к тому же ремонт колоссально осложнялся отсутствием промежуточных опор;
- Серьезным обстоятельством также стали соображения эстетического характера. Возведение столь огромного сооружения (около 40 метров от зеркала воды) привело бы к потере масштабности соседних сооружений, таких как дворец Меншикова, Двенадцать коллегий и др. К тому же, массивные деревянные въезды испортили бы вид набережной Невы и Сенатской площади.

В современной истории строительства также имеется немало количество масштабных проектов, реализованных с использованием деревянных конструкций.

Одним из таких проектов является студенческое общежитие Brock Commons в Канаде.

Данный проект имеет несколько особенностей. Во-первых, это не элитная жилая и коммерческая недвижимость, а университетское общежитие, что ставило задачу сделать проект не слишком дорогостоящим. Поэтому, во-вторых, решение пало на проект с гибридной конструкцией: конструкции нулевого цикла и цокольный этаж – железобетонные; каркас, межэтажные перекрытия 17-ти этажей – деревянный клееный брус и CLT панели; каркас крыши и кровля выполнены из металла [2-4].

Каркас общежития формируется деревянными колоннами из клееного бруса с предусмотренными узлами быстрого соединения. Перекрытия выполнены из CLT панели (пятыслоной перекрестно клееной древесины) с габаритами 2,85x4,0 м. Такая конструкция позволяет надежно выдерживать и распределять нагрузку от вышележащих этажей и передавать ее на железобетонные конструкции нулевого цикла [5].

Стены здания образуются из готовых монтажных элементов – фасадных панелей с установленными на заводе изготовителе окнами.

Перед возведением самого здания общежития, для отработки процесса монтажа и проверки элементов конструкции, был построен двухэтажный полномасштабный макет с установкой нескольких фасадных панелей. Использование готовых к монтажу элементов позволило добиться высокого темпа строительства – один этаж в неделю. Здание отличается высокой энергоэффективностью. Средняя экономия энергии составляет около 25% по сравнению с подобными зданиями, выполненными по массовым технологиям (из железобетона и металла). Также, здание имеет большую пользу для окружающей среды, так как позволило снизить выбросы углекислого газа в атмосферу на 500 тонн за счет использования древесины вместо железобетона и металла.



Рис. 4. Конструкции общежития Brock Commons и его общий вид.

Обладателем титула самого высокого на Земле деревянного здания, на данный момент, является многофункциональное здание «Мьёсторнет». Имея высоту в 85,4 метра, оно сместило предыдущего обладателя титула, упомянутое выше общежитие Brock Commons.

Мьёсторнет имеет 18 этажей в высоту и еще один подземный. На площади 11300 м² располагаются жилые помещения, отель, офисы, рестораны, терраса на крыше и иные общественные пространства.

Строительство здания заняло полтора года и велось блоками: собирались 4 этажа на земле и поднимались краном на проектную отметку. Здание имеет каркасно-ствольную конструктивную систему. Центральное ядро, лестницы и междуэтажные перекрытия выполнены из CLT древесины, о которой подробно было рассказано выше. Массивные несущие колонны, балки и раскосы выполнены из крупногабаритного клееного бруса. Конструкция стен представляет из себя каркас, обшитый древесиной, с утеплителем внутри. В конструкции перекрытий также использовался бетон. До 12-го этажа перекрытие покрывались ламинированным шпоном и 5 сантиметрами бетона для обеспечения лучшей акустики и снижения вибраций. С 12 – го по 18 – й этажи использовались исключительно бетонные плиты, что обеспечило поддержание необходимой высоты, а также устойчивость к ветровым нагрузкам.



Рис. 5. Общий вид и конструкции башни Мьёсторнет.

ВЫВОД

В результате данного исследования были проанализированы масштабные проекты зданий и сооружений, выполненных преимущественно с применением деревянных конструкций, изготовленных по современным технологиям.

В проекте моста Кулибина, как самом старом из представленных, деревянные конструкции в уменьшенной его модели смогли продемонстрировать впечатляющие результаты.

Канадское общежитие Brock Commons, являющееся относительно новым сооружением, положило начало революции в использовании древесины в качестве основного материала в строительстве масштабных зданий и сооружений. Оно стало уникальным в своем роде объектом на время его возведение и уже тогда многие инженеры стали задумываться о применении древесины в своих проектах. Следующим в ступени так называемого «возрождения» деревянных конструкций стала башня Мьес, которая и по сей день носит звание самого высокого деревянного сооружения в мире, достигая высоты в 85,4 м.

Рассмотрев данные примеры, можно смело говорить о больших перспективах деревянных конструкций в уникальном строительстве. Благодаря развитию технологий обработки и изготовления, древесина теряет все больше своих недостатков и набирает преимущества перед железобетоном и металлом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиясов Б.И. Конструкции из древесины и пластмасс: учебник // Гиясов Б.И., Запруднов В.И., Стриженко В.В., Серегин Н.Г. — М.: Издательство АСВ, 2017 — 582 с.
2. Запруднов В.И., Стриженко В.В., Механика деревянных строительных элементов и соединений конструкций: учебник. — М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. — 344 с.

3. Запруднов В.И., Стриженко В.В. Конструкции деревянных зданий: учебник. – М.: Инфра-М, 2013. – 304 с.
4. Ашихина А.А., Исакова В.В., Никитина А.В. Защитная обработка деревянных конструкций. // Глобальные вызовы развития естественных и технических наук. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2018 Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство перспективных научных исследований» (Белгород). 132-135 с.
5. Серегин Н.Г., Гиясов Б.И. Методика расчета производства клееного оконного бруса для строительных конструкций. Вестник МГСУ. Том 12. Выпуск 2 (101). 2016. 157-164 с.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ПЕРЕКРЫТИЙ К ВАНТОВОМУ МЕХАНИЗМУ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ЗА-ПРОЕКТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Р. В. Панькин¹, С. Ю. Савин²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ pankin-roma@mail.ru

² suwin@yandex.ru

Аннотация

Предметом исследования является расчетная модель 21-ого этажного жилого здания в г. Москва.

Цель исследования: изучения работы железобетонного каркаса здания при переходе перекрытий к вантовому механизму сопротивления после запроектного воздействия.

Материалы и методы: поисковый, аналитический, расчётный.

Результаты: проведение нескольких расчетов с различными параметрами толщин перекрытия и разрушением различных колонн, выявилась закономерность между ними.

Выводы: в качестве защиты от прогрессирующего разрушения могут применяться различные виды горизонтальных связей между колоннами, ими могут также выступать и плиты перекрытия, но менее эффективно.

ВВЕДЕНИЕ

Прогрессирующее (лавинообразное) обрушение - это распространение начального локального повреждения в виде цепной реакции от элемента к элементу, которое, в конечном счете, приводит к обрушению всего сооружения или непропорционально большей его части. Опасность такого разрушения в том, что оно происходит быстро и не всегда локализуется. Часто конструкции железобетонного (Ж.Б.) каркаса последовательно начинают терять устойчивость вследствие увеличения действующей на них нагрузки. Предвидеть и рассчитать прогрессирующее разрушение здания – один из наиболее сложных инженерных расчетов. Увидеть работу конструкций каркаса во время потери ими устойчивости возможно в современных программных комплексах. Современные строительные нормы в различных странах мира схожи по методике проверки зданий и сооружений.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Изучение информации из различных научных статей о прогрессирующем разрушении и СП 385.1325800.2018 «Методы защиты здания от прогрессирующего разрушения» дают достаточную информацию о методах расчета зданий и сооружений для построения собственной модели для исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Чтобы увидеть переход работы перекрытия здания к вантовому механизму, необходимо проверить Ж.Б. каркас на прогрессирующее разрушение с помощью динамического расчета, описанного подробно в СП 385.1325800.2018 «Методы защиты здания от прогрессирующего разрушения». Постановка проводилась в программном комплексе ЛИРА-САПР 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Необходимость проводить проверки, связанные с прогрессирующим разрушением, стали обязательным для некоторых классов зданий вследствие многократно происходящих катастроф в мире. Наиболее показательным случаем в зарубежной истории можно назвать

катастрофу 11 сентября 2001 года, произошедшую во время теракта в Нью-Йорке. В здание всемирного торгового центра врезался пассажирский самолет, выключив из работы часть несущих элементов каркаса, а затем произошел пожар. Металлический каркас не выдержал повышенных температур и дополнительных нагрузок на уцелевшую часть конструкций, что вызвало последовательное обрушение здания до основания. 14 февраля 2004 года в Москве произошел случай обрушения Ж.Б. оболочки ТЦ «Трансвааль-Парк». Причиной стало превышение нагрузки на часть конструкции, выключив из работы одну из несущих колонн, что вызвало лавинообразное обрушение. Цепная реакция буквально за несколько минут привела к полному разрушению конструкции. [1],[2]

Эти случаи одни из наиболее масштабных катастроф, но ежегодно в мире происходит десятки инцидентов, связанных с ситуациями, появление которых предвидеть крайне сложно.

При реализации прогрессирующего разрушения происходят процессы, связанные с переходом работы горизонтальной монолитной конструкции к вантовому механизму работы. При выключении из работы одного или группы несущих вертикальных элементов здания, эпюра моментов горизонтальной конструкции, связывающей оставшиеся колонны, при запроектных нагрузках начинает приобретать вид параболы. В некоторых случаях на данном этапе конструкция может и не разрушиться при достаточно большом проценте армирования или локализуется при наличии достаточных горизонтальных связей колонн.[3]

Переход работы перекрытия каркаса Ж.Б. здания к вантовому механизму работы при запроектных нагрузках можно увидеть при анализе расчета одной и той же модели здания в программном комплексе, но изменяя толщину её перекрытий. Прослеживается определенная закономерность работы элементов конструкции.

Объектом исследования является 21-этажный жилой дом в городе Москва с планировочным решением серии 1.120.1-1с (Рис.1).

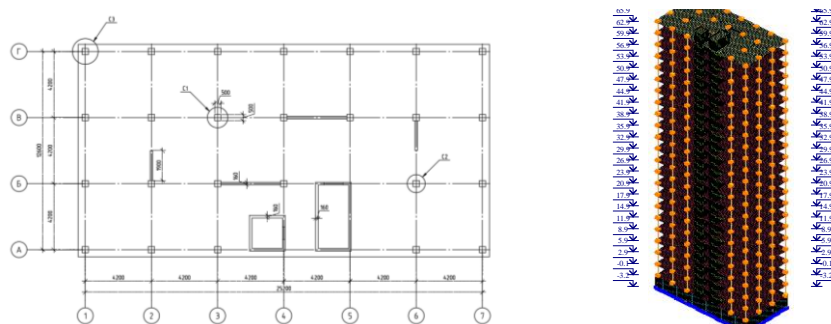


Рис. 1. Планировочное решение и расчетная модель объекта исследования. С-1, С-2, С-3, - случаи демонтажа колонн.

Проверка Ж.Б. каркаса при прогрессирующем разрушении выполнялись в динамической постановке. После построения расчётной модели в ЛИРА-САПР 2016 с помощью встроенного ПО «МОНТАЖ+» создавались стадии монтажа каркаса и демонтажа, рассматриваемой колонн.[4]

Перед удалением, в колонне определились продольные усилия. Затем после демонтажа, в точке перекрытия этажа, где ранее располагалась колонна, прикладывалась сосредоточенная нагрузка с противоположным знаком, равная усилию, создаваемому в удалённой колонне. С помощью динамического нагружения выполнялся модельный анализ, для определения нормальных форм колебаний модели. Таких постановки выполнялось 3 варианта, для анализа различных вариантов прогрессирующего разрушения. Для анализа влияния горизонтальных связей на наличие в системе цепной реакции разрушения всего здания от потери устойчивости одной из рассматриваемых колонн, предлагалось использовать несколько конфигураций толщин перекрытия от 100 мм до 200 мм. Для наиболее справедливого результата, рассматривались колонны, находящиеся вблизи

удаляемой и как следствие наиболее смещаемые по осям X и Y. Характерным для этих колонн было увеличение расчётной длины и продольного усилия. [5]

Для наглядного представления работы каркаса, было выполнено построение графиков зависимости продольного напряжения в оставшейся колонне от величины прогиба перекрытия (Рис.2-4). Максимальный прогиб до разрушения вычисляется по формуле (в рассмотренном случае он составляет 140 мм) (1).

$$f = L/30 \quad (1)$$

,где L – величина пролета (расстояние между колоннами)

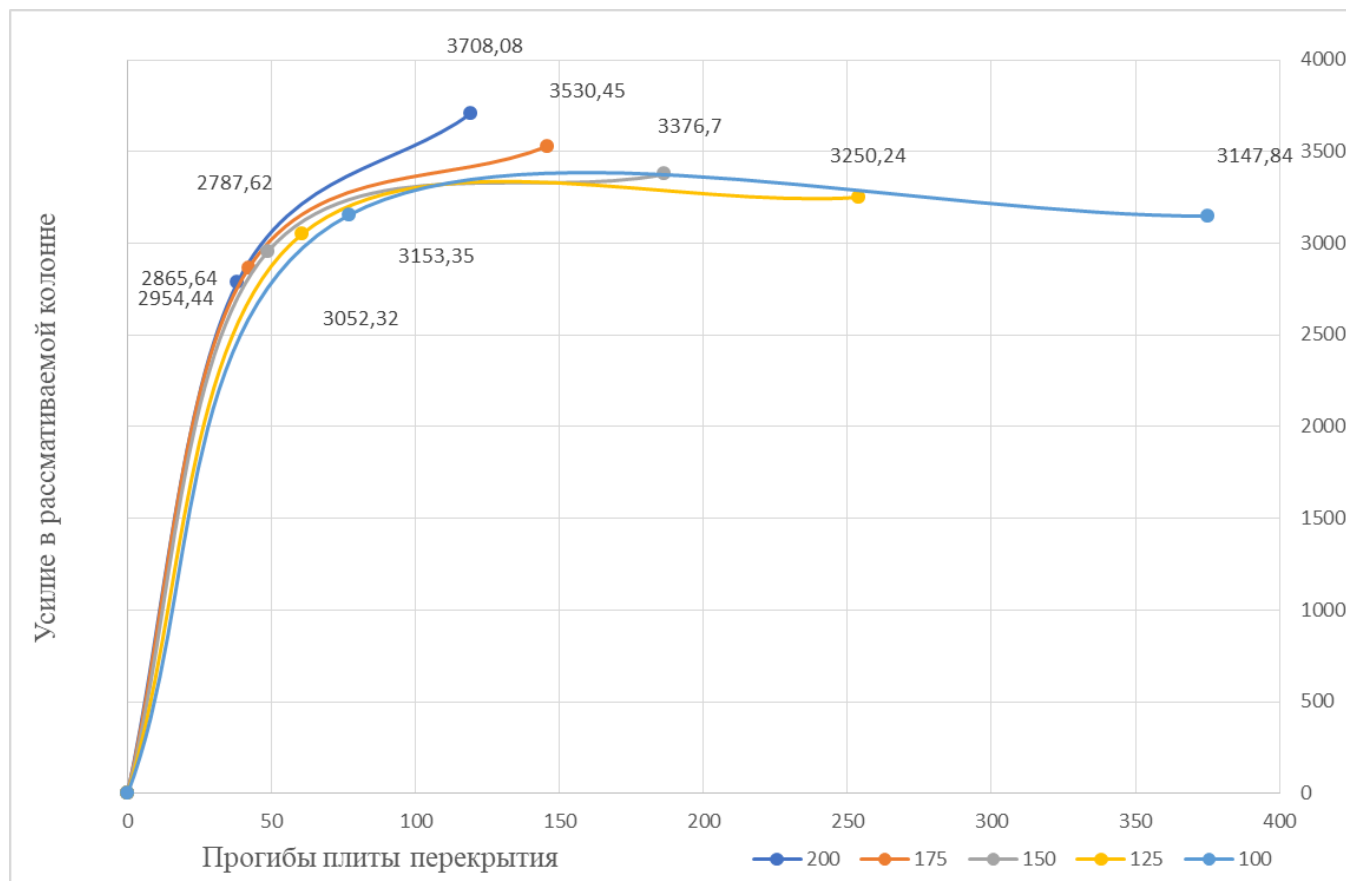


Рис. 2. График для С-1, колонна в осях 2/В.

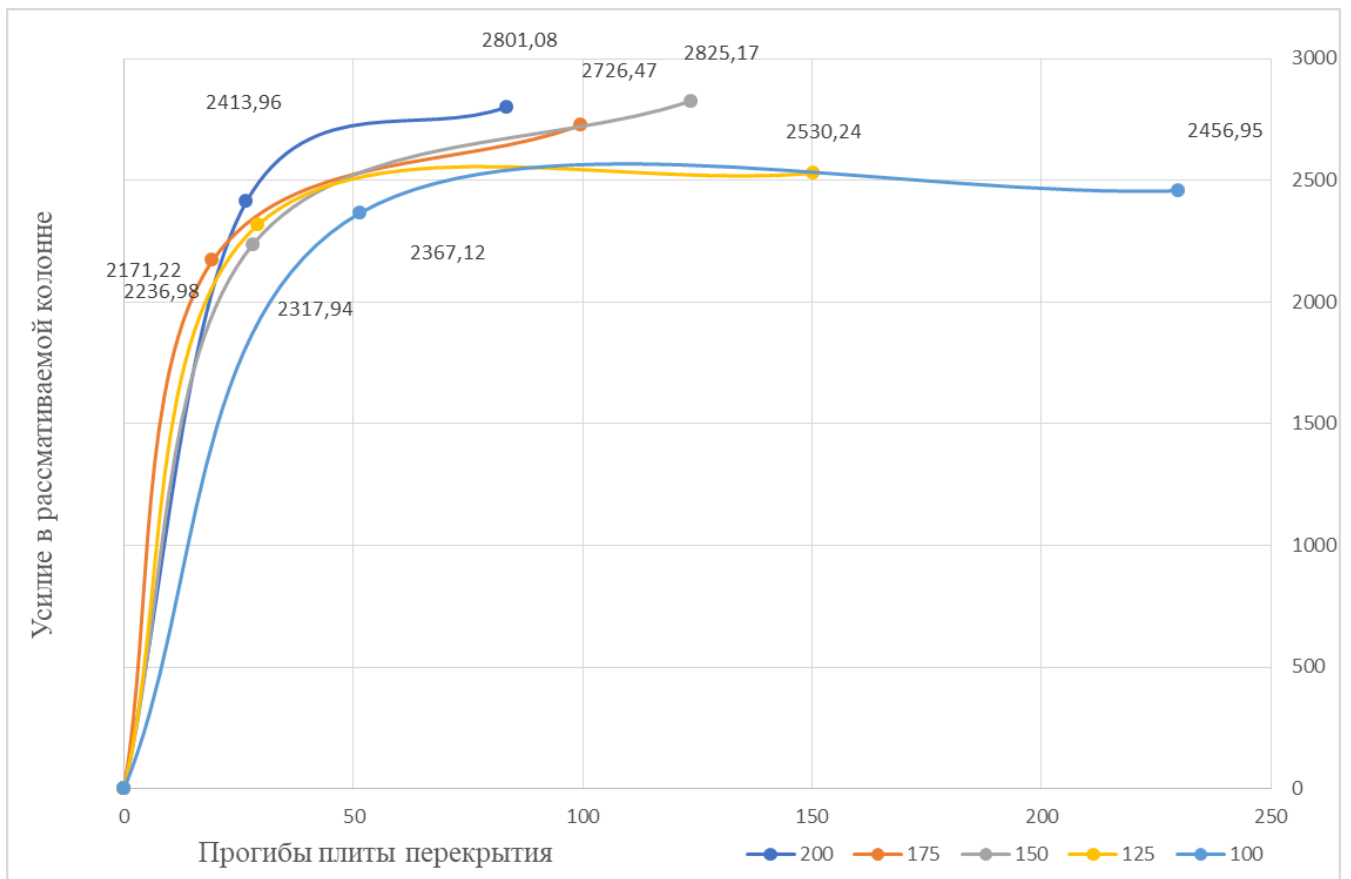


Рис. 3. График для С-2, колонна в осях 6/А.

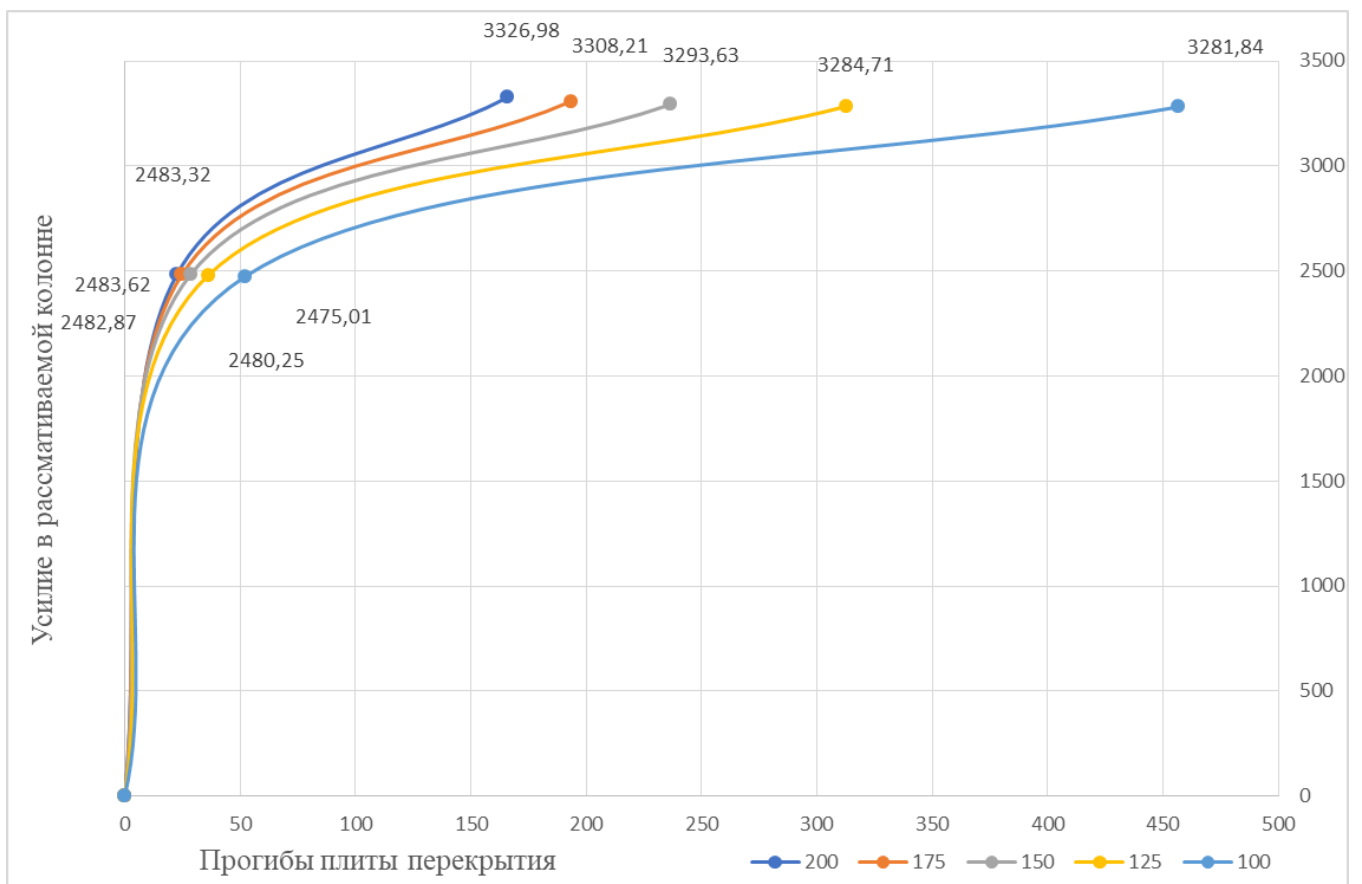


Рис. 4. График для С-3, колонна в осях 1/В.

На представленных графиках видно: влияние толщины перекрытия на величину прогиба и влияния вертикальных конструкций ядер жесткости, связывающих колонны.

В первом случае Ж.Б. конструкция перекрытия выполняет роль горизонтальной связи колонн, обеспечивая устойчивость колонн, более удаленных от удаляемой. За счет своей массивности прогиб такого перекрытия будет меньше, что делает его пригодным к ремонту.[7]

Но при увеличении сечения также увеличивается общая масса каркаса здания, что может привести к недостаточной прочности предложенных ранее вертикальных конструкций и затратам на проектирования более подходящего фундамента.

Во втором случае увеличения количества несущих стен, приводит к отсутствию вариативности планировочных решений здания. Жилые площади сокращаются и психологически замыкают человека, что порождает дискомфорт нахождения его в подобной среде.[6]

ВЫВОД

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о работе горизонтальных конструкций различного сечения Ж.Б. каркаса здания. Реализация вантового механизма сопротивления перекрытий в зоне начального локального разрушения (при отказе колонны) для определенных вариантов локализации такого разрушения может привести к резкому увеличению расчетных длин сохранившихся колонн и дополнительной поперечной динамической нагрузке. В связи с этим при расчетном обосновании защиты от прогрессирующего разрушения необходимо выполнять проверку устойчивости колонн при реализации вантового механизма сопротивления перекрытий в зоне начального локального разрушения. Наиболее опасным сценарием аварийной ситуации является отказ колонны, при котором часть из сохранившихся колонн не имеет дополнительных горизонтальных связей в уровне этажа кроме перекрытия над зоной локального разрушения. В этом случае переход перекрытия к вантовому механизму сопротивления может привести к цепочке последовательных отказов конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закиева Н.И. Гранкина Д.В. Ким К.А. Васильева Д.К. Процесс прогрессирующего обрушения высотных зданий и анализ решений, противодействующих ему // Инженерный вестник Дона. - 2019. - №3.
2. Павлов А.С. Численное моделирование деформирования и разрушения узлов строительных конструкций // Вестник МГСУ. - 2011. - №4.
3. Колчунов В.И., Бушова О.Б. Деформирование железобетонных каркасов многоэтажных зданий в запредельных состояниях при особых воздействиях // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2022. - Т. 18. - №4. - С. 297-306
4. Савин С.Ю., Федорова Н.В. Сопоставление методов расчета несущей системы на внезапный отказ одного из ее элементов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2022. - Т. 18. - №4. - С. 329-340.
5. Кравченко Г.М. Труфанова Е.В. Кущенко А.К. Быченко И.В. Особенности расчета на прогрессирующее обрушение каркаса уникального здания многофункционального комплекса // Инженерный вестник Дона. - 2022. - №9
6. Домарова Е.В. Расчетно-конструктивные методы защиты от прогрессирующего разрушения железобетонных монолитных каркасных зданий // iPolytech Journal. - 2015. - №10
7. Мурашкин В.Г. Учет многократного нагружения в деформационной модели для реконструируемого железобетона // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. № 2. С. 42–47.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ВСПЕНЕННОГО ЖИДКОГО СТЕКЛА ХОЛОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

М. Г. Бруяко¹, И. В. Бессонов², Э. А. Горбунова³, И. С. Говряков⁴

^{1,3,4} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

^{2,3,4} Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН, 127238, Москва, Локомотивный проезд, 26

¹ mbruyako@yandex.ru

² bessonoviv@mail.ru

³ eg15082000@mail.ru

⁴ govvr190@mail.ru

Аннотация

В данной статье исследуется теплоизоляционный материал на основе вспененного жидкого стекла, полученный путем обработки при режиме «холодного отверждения». Определяются его физико-механические характеристики, приводится элементный состав материала. Изучается вопрос основной проблемы группы материалов на основе вспененного жидкого стекла – низкой водостойкости. Приводится анализ добавок-отвердителей, используемых при проектировании составов в различных работах с целью сравнения и выбора оптимального варианта. В результате был подтвержден выбор необходимого отвердителя и выявлены вопросы для дальнейшего изучения. Также на основании характеристик материала обозначена область его возможного применения. Подтверждается актуальность развития данного материала, вследствие возможности создания малоэнергоёмкой технологии производства с углеродной нейтральностью, позволяющей создавать негорючий материал с высокими теплозащитными и звукопоглощающими свойствами.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день на рынке теплоизоляционных материалов очень востребованы негорючие экологически безопасные материалы. Сейчас наиболее распространенными материалами, удовлетворяющими заданные критерии, являются пеногипс, а также материалы на основе различных видов силикатного сырья. К таким материалам можно отнести изделия из пеностекла (плиты, щебень), а также материалы на основе жидкого стекла [1-3]. В отличие от плит, щебень из пеностекла – это засыпной утеплитель, используемый как засыпка для утепления фундаментов малоэтажных зданий, кирпичных стен колодцевой кладки, а также укрепления слабых грунтов и подбалластного слоя дорожного покрытия.

В данной статье исследуется новый материал – вспененное жидкое стекло холодного отверждения. Он представляет собой теплоизоляционный материал на основе водного щелочного раствора силикатов натрия с технологическими добавками, который получается путем порообразования с последующей минерализацией и отверждением.

Технология производства теплоизоляционного материала на основе вспененного жидкого стекла отличается простотой и малыми энергозатратами. Ключевые переделы технологической линии заключаются в одновременном перемешивании всех компонентов в смесителе и дальнейшей сушке в камере в условиях так называемого «холодного отверждения». Под режимом «холодного отверждения» подразумеваем температуру ниже 50 °С. На выходе получают образцы с остаточной влажностью 4-6%.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Растворимое стекло может затвердевать на воздухе, но при таком способе углекислота, содержащаяся в воздухе, реагирует только с верхними слоями материала на небольшой глубине, что замедляет отверждение всего материала из-за непроницаемой пленки,

состоящей из водорастворимых гидросиликатов щелочных металлов. Таким образом может получиться материал низкой водостойкости [4-7]. Введение химических отвердителей способствует не только повышению водостойкости материала, но и возможности контролировать процесс его отверждения.

Был произведен анализ работ [8-16], направленный на сравнение результатов, полученных от применения различных добавок с целью выявления оптимального состава для дальнейшего изучения. Как правило, основным подходом к решению данной проблемы, является введение соответствующих добавок к (или вместо) основному отвердителю для связывания свободной щелочи в соответствующую соль. Некоторые данные о химическом составе изучаемого материала, полученном с помощью электронного микроскопа, представлены на рисунке 1. Карта элементного состава демонстрирует распределение прореагировавших частиц отвердителя (в данном случае кремнефтористого натрия) с жидким стеклом. Также представлены концентрации элементов по усредненным спектрам всей поверхности материала.

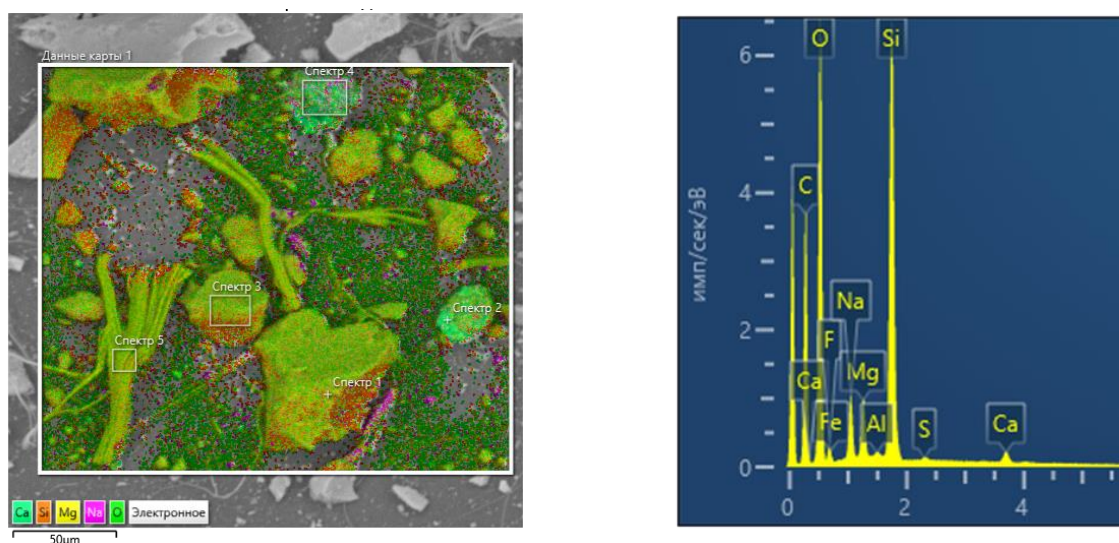


Рис. 1 Данные химического анализа материала на электронном микроскопе

В исследуемом материале в качестве решения проблемы водостойкости в раствор вводят добавку-отвердитель кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 .

Приведем основные технические характеристики материала, получающиеся в результате использования в качестве отвердителя кремнефтористого натрия.

Табл. 1. Основные технические характеристики теплоизоляционного материала на основе вспененного жидкого стекла

Параметры	Характеристики
Плотность	120 - 200 кг/м ³
Коэффициент теплопроводности при 25°C	0,045 - 0,065 Вт/(м·К)
Паропроницаемость	0,2 - 0,5 мг/(м·ч·Па)
Прочность на сжатие	0,13 - 0,36 МПа
Биостойкость	Устойчивый к грызунам, появлению плесени, к агрессивному воздействию внешней среды (окисления, эрозия, перепады температур).

Приведем анализ добавок, способных при взаимодействии с жидким стеклом, образовывать прочный, водостойкий материал с высокими теплоизоляционными характеристиками. Рассматривались в качестве отвердителей некоторые минералы клинкера портландцемента, хлориды и моноалюминат кальция, а также наиболее доступный, используемый в этом материале отвердитель – кремнефтористый натрий.

Табл. 2. Сравнительный анализ добавок, повышающих водостойкость вспененного жидкого стекла

Добавка	Преимущества	Недостатки
Кремнефтористый натрий Na_2SiF_6	оптимальные сроки схватывания	недостаточная водостойкость
	оптимальные сроки твердения	токсичен при определенных условиях использования
Двухкальциевые, трехкальциевые силикаты $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 / 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	повышение прочности	быстрое схватывание
Хлорид кальция CaCl_2	оптимальные сроки схватывания	хрупкость
		низкая прочность
Моноалюминат кальция $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	-	медленное отверждение
		низкая прочность

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ показал, что оптимальные составы водостойких прочных материалов на основе вспененного жидкого стекла могут быть достигнуты при использовании минералов клинкера портландцемента (двухкальциевых и трехкальциевых силикатов), но при данном способе могут получиться материалы с плотностью выше требуемой, так как для полного отверждения жидкого стекла необходимо высокое содержание добавки. Рациональной добавкой с точки зрения характеристик получаемого материала и легкой доступности компонента является добавка кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 . Продолжаются исследования по подбору наилучшего отвердителя силикатных композиций для производства теплоизоляционных материалов высокого качества.

Исследуемый материал благодаря своим свойствам имеет множество областей применения, в частности: в системе фасадной теплоизоляционной композитной СФТК, в малоэтажных домах из деревянного каркаса, в каркасно-обшивных стенах из легких стальных тонкостенных конструкций ЛСТК).

ВЫВОДЫ

В настоящее время организованы производства теплоизоляционных плит на основе вспененного жидкого стекла, однако отсутствует нормативный документ, определяющий технические требования и нет единого названия материала.

Ведутся работы над разработкой стандарта. Также исследуется вопрос повышения водостойкости данного материала и особенности его свойств для применения в качестве акустического материала, обладающего звукопоглощающими свойствами.

Теплоизоляционный материал на основе вспененного жидкого стекла холодного отверждения соответствует требованиям обеспеченности местными сырьевыми ресурсами, а также делает возможным применение малоэнергоёмких технологий при производстве. Таким образом материал можно назвать «всесторонне экологичным», т. к. экологические требования соблюдаются как на стадии эксплуатации, так и на стадии производства, тем самым развивая направление промышленности строительных материалов с нулевым углеродным следом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лотов В.А., Хабибулин Ш.А. Применение модифицированного жидкостекольного вяжущего в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2015. №1. С. 72-75.
2. Усова Н.Т., Лотов В.А., Лукашевич О.Д. Водостойкие безавтоклавные силикатные строительные материалы на основе песка, жидкостекольных композиций и шламов водоочистки // Вестник ТГАСУ. 2013. №2. С. 276-284.
3. Душкина М.А. Разработка составов и технологии получения пеностеклокристаллических материалов на основе кремнеземистого сырья. Дисс... канд. техн. наук. Томск. 2015. 196 с.
4. Заболотская А.В. Технология и физико-химические свойства пористых композиционных материалов на основе жидкого стекла и природных силикатов. Дисс. . . канд. техн. наук. Томск. 2003.
5. Хабибулин Ш.А. Разработка составов и технологии получения модифицированного жидкостекольного вяжущего и композиционных материалов на его основе. Дисс. . . канд. техн. наук. Томск. 2015. 136 с.
6. Зин Мин Хтет Композиционные материалы на основе жидкостекольного связующего для теплоизоляции. Дисс. . . канд. техн. наук. Москва. 2020. 136 с.
7. Лукашевич О.Д., Лотов В.А., Усова Н.Т., Лукашевич В.Н. Получение водостойких, прочных силикатных материалов на основе природного и техногенного сырья // Вестник ТГАСУ. 2017. №6. С. 151-160.
8. Борило Л.П., Лютова Е.С. Влияние добавки оксида титана на биосвойства силикатных материалов // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2015. №2. С. 101-110.
9. Зин Мин Хтет, Тихомирова И.Н. Теплоизоляционные материалы на основе вспененного жидкого стекла // Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXXI. 2017. №3. С. 34-36.
10. Гольцман Б.М. Исследование структуры и свойств пористых материалов на основе различных видов силикатного сырья // Материалы конференции. Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2021. С. 2934-2938.
11. Углова Т.К., Новоселова С.Н., Татаринцева О.С. Экологически чистые теплоизоляционные материалы на основе жидкого стекла // Строительные материалы. 2010. №11. С. 44-46.
12. Фиговский О.Л., Кудрявцев П.Г. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых нанокomпозиционных материалов // ИВД. 2014. №2.
13. Н.И. Малявский Щелочносиликатные утеплители. Свойства и химические основы производства // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2003. XLVII. №4.
14. Сидоров В.И. Малявский Н.И. Покидько Б.В. Получение эффективных водостойких утеплителей путем холодного вспенивания композиций жидкого стекла с некоторыми минеральными вяжущими // Изв. Вузов. Строительство. 2003. №11. С...
15. П.А. Борсук А.М. Лясс Жидкие самотвердеющие смеси. Москва. 1979. 144 с.
16. В. Шульце, В. Тишер, В.-П. Эттель Растворы и бетоны на нецементных вяжущих. Москва. 1990. 239 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО МОДИФИКАТОРА ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРНОГО БЕТОНА

Т. Ю. Машина¹, О. А. Ларсен², А. М. Бахрах³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ mashina-tatiana19@yandex.ru

² larsen.oksana@mail.ru

³ antonbahrah@mail.ru

Аннотация

Предмет исследования: технологические свойства цементного теста с применением тонкодисперсного органоминерального модификатора.

Цели: целью данного исследования является получение тонкодисперсного органоминерального модификатора на основе шламовой воды из отходов производства товарного бетона.

Материалы и методы: шламовая вода, получаемая после прохождения системы рециклинга бетонной смеси, подвергалась предварительному обезвоживанию и последующему помолу.

Удельная поверхность получаемой добавки определялась на приборе ПСХ-4. Технологические свойства, а именно нормальная густота и сроки схватывания цементного теста с использованием тонкодисперсной органоминеральной добавки, определялись с использованием стандартных методик, изложенных в ГОСТ 30744-2001. Процесс структурообразования исследовался с помощью прибора, измеряющего скорость ультразвука, проходящего через систему.

Результаты: введение органоминерального модификатора в состав цементного теста увеличивает нормальную густоту и уменьшает сроки схватывания.

Выводы: результаты исследований показывают влияние тонкодисперсного органоминерального модификатора на технологические свойства цементных смесей.

ВВЕДЕНИЕ

Главным изобретением строительной индустрии был и остается в наше время – бетон. Причиной этого является огромный потенциал производства смесей для широкого применения в различных проектах от малоэтажного жилого строительства до передовых специальных сооружений,двигающих возможные границы реализации строительства. В связи с этим данный строительный материал остается ведущей основой производств во всех странах мира.

Строительная отрасль – одна из главных источников загрязнения окружающей среды. В современных технологиях производства строительных материалов, изделий и конструкций все чаще встречаются разработки, помогающие сохранять и оберегать окружающую среду.

Рациональный цикл производства бетонной смеси позволяет применять технологию рециклинга бетонной смеси, заключающуюся в использовании шламовой воды от производства товарного бетона. Процесс рециклинга предоставляет возможность получения переработанного сырья, которое можно использовать при производстве высокопрочных бетонов в качестве органоминеральной добавки.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Согласно статистическим данным [1] рост объемов производства бетонных смесей в России на декабрь 2022 года увеличился на 26,6% по сравнению с предыдущими годами, и тенденция роста сохраняется и по сей день. В соответствии с данными [2-3] в 2022 году в

России были поставлены рекорды по строительству зданий жилого и нежилого назначения. А значит и увеличиваются объемы отходов производств промышленности.

Для решения проблемы ресурсосбережения и охраны окружающей среды при производстве строительных материалов, как известно, применяются различные отходы производств в качестве добавок или же самостоятельных компонентов [4-5]. Широкое применение нашли рециркулируемые материалы, обладающие необходимыми характеристиками для получения высококачественных материалов [6-7].

В ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования» изложены допустимые границы реализации вторичного использования рециркулируемых материалов при производстве бетонов. В этом стандарте затрагивается понятие об рециклированном бетоне: «бетон, изготовленный с применением утилизированных вяжущих, заполнителей и воды».

При производстве и транспортировке товарного бетона возникает потребность в очистке задействованного оборудования для производства, доставки и перекачки. После промывки оборудования остаются перемешанные компоненты, включающие в себя сырьевые материалы и дополнительную воду. В конечном итоге, на большинстве производств эта смесь попадает в отвалы, где монолицируется и загрязняет окружающую среду. Очевидно, что после специальной очистки и подготовки, данный отход можно повторно использовать в производственном процессе.

Согласно аналитическим данным [8] объем отходов на строительный сектор составляет от 8 до 10 % от общего количества отходов всех производств в Российской Федерации. Что наводит на мысль о необходимости нахождения решения о реализации повторного использования отходов.

В настоящее время такая технология очистки и подготовки получила название рециклинга бетона. Рециклинг представляет собой систему возвращения отходов в производственный процесс, тем самым, образуя цикл. Суть системы состоит в разделении смеси на основные компоненты – щебень, гравий, песок и шламовую воду [9-10]. Заполнитель после прохождения очистки возвращается в производственный цикл, а шламовая вода может добавляться в состав бетонных смесей в незначительных количествах ввиду ее низкой гидравлической активности. Для обширного использования шламовой воды при производстве требуется расширение материально-технической базы, основанной на дополнительных исследованиях и научных подтверждениях рациональности использования материала.

Большое количество используемого цемента сохраняется в бетоне неиспользованным, поскольку мельчайшие частицы цемента при взаимодействии с водой затвердения полностью гидратируют, а более крупные частицы могут гидратировать только на поверхности [11]. Поэтому нетронутые ядра крупных частиц выполняют роль микрозаполнителя в цементном камне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве контрольного цемента для сравнения некоторых свойств с применением тонкодисперсного органоминерального модификатора использовался портландцемент со шлаком ЦЕМ II/В-Ш 42,5Н «Хайдельбергцемент Рус». Для исследований использовался портландцемент ЦЕМ I 52,5Н «Хайдельбергцемент Рус». Химический и минералогический состав клинкера представлены в табл. 1.

Табл. 1. Химический и минералогический состав клинкера «Хайдельбергцемент Рус»

Компоненты, %	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Клинкер	66,37	21,65	5,05	3,67	1,32	64	14	7	11

Проводился химический анализ шлама. Определялись некоторые технологические характеристики цемента с применением органоминерального модификатора – нормальная густота теста и сроки схватывания. Нормальная густота и сроки схватывания определялись по методике, предоставленной в ГОСТ 30744-2001.

Исследовалось структурообразование цементного камня с применением органоминерального модификатора с использованием прибора, измеряемого скорость прохождения ультразвука через систему.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе помола каждые 30 минут отбиралась проба, для определения удельной поверхности исследуемого материала. График зависимости удельной поверхности от времени помола представлен на рис.1.

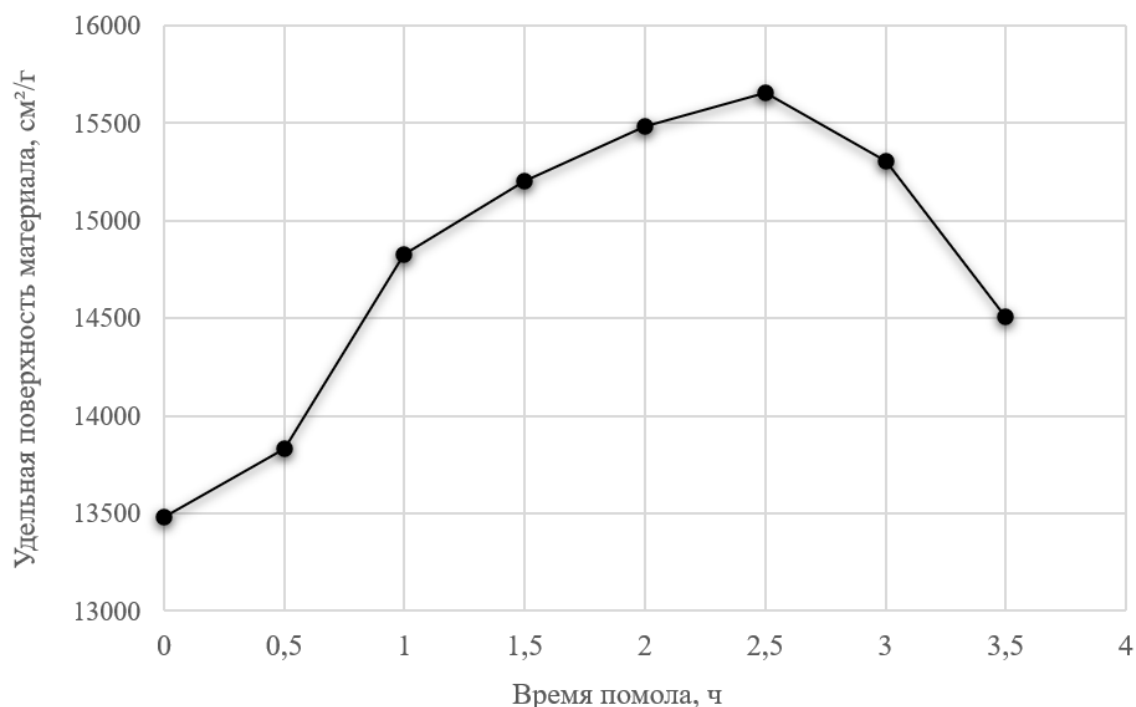


Рис. 1. График зависимости удельной поверхности от времени помола

В результате исследования нормальной густоты цементного теста с применением тонкодисперсного органоминерального модификатора с замещением 10% цемента было выявлено повышение нормальной густоты (табл. 1). Это объясняется высокой удельной поверхностью модификатора, что, соответственно, ведет к повышению водопотребности смеси.

В результате измерения сроков схватывания было установлено, что состав, включающий в себя органоминеральный модификатор, начинает схватываться раньше, чем состав на контрольном цементе.

Табл. 2. Свойства цементного камня с применением органоминерального модификатора в сравнении с контрольным цементом

Свойство	ЦЕМ П/В-Ш 42,5Н	ЦЕМ П/В-Ш 42,5Н с заменой органоминеральным модификатором на 10% от массы цемента
Нормальная густота	31,6	34
Начало схватывания	225	185
Конец схватывания	260	260

Было проведено исследование по определению химического состава шлама. Химический состав шлама представлен в табл. 3.

Табл. 3. Химический состав шлама

Компоненты, %	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	ППП
Шлам	42,82	28,06	4,43	2,55	2,52	1,71	0,47	0,23	0,25	0,07	11	16,36

Исследовалось структурообразование цементного теста с применением данной добавки.

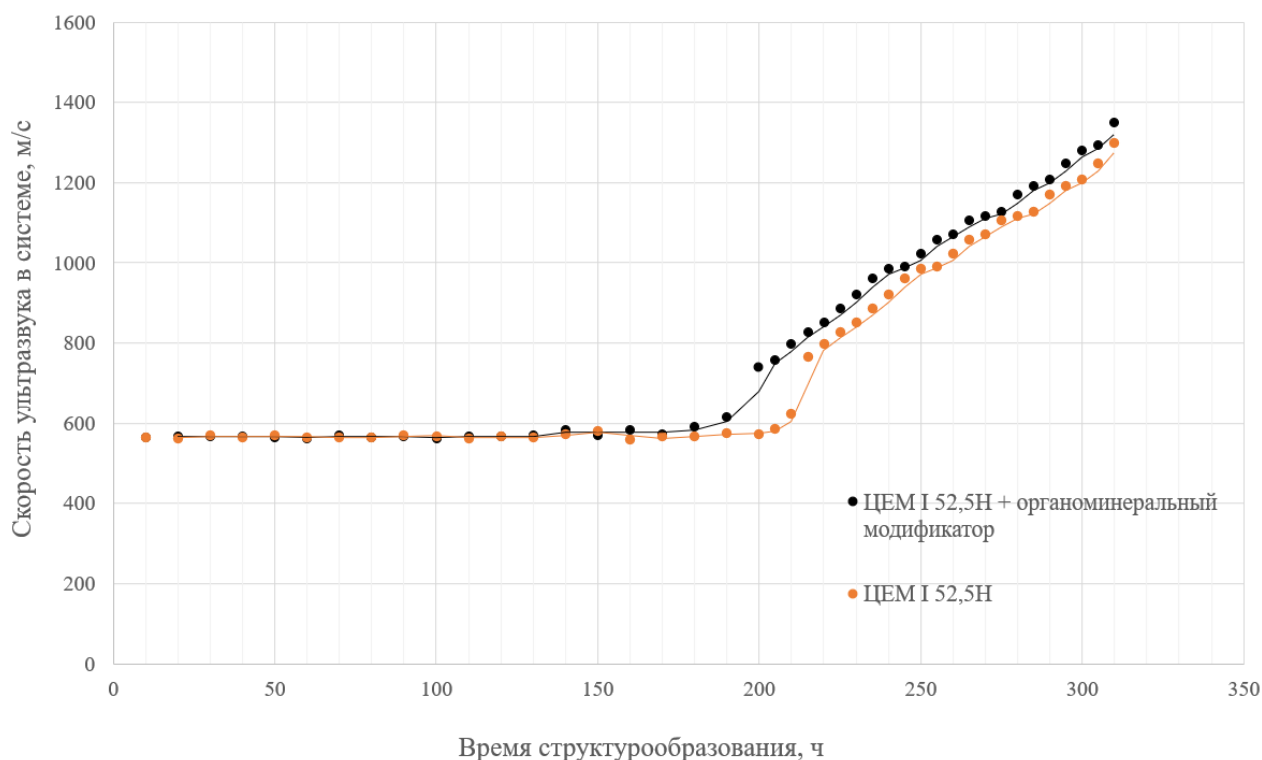


Рис. 2. Структурообразование цементного камня с применением органоминеральной добавки

Участок со стабильной скоростью прохождения ультразвука через систему характеризуется тем, что продукты гидратации заполняют межзерновое пространство, за счет чего формируется коагуляционная структура в виде рыхлого каркаса.

В точке, где идет резкое повышение скорости ультразвука, начинается фазовый переход, характеризуемый процессом раннего структурообразования. На данном этапе происходит упрочнение структуры, повышение тепловыделения и концентрации продуктов гидратации. Это происходит за счет роста новообразований и процесса кристаллизации внутри первоначально сложившегося каркаса. Далее идет последующая кристаллизация структуры.

ВЫВОДЫ

Изменения технологических характеристик, а именно нормальной густоты и сроков схватывания, следует учитывать при проектировании составов бетонных смесей с применением тонкодисперсного органоминерального модификатора.

Нормальная густота цементного теста с использованием органоминерального модификатора увеличилась на 2,4 %. Сроки схватывания сдвинулись на 40 минут.

Активное структурообразование цементного теста с применением органоминерального модификатора началось примерно через 200 минут с начала затворения, по сравнению с контрольным составом.

Перспективным развитием исследования является изучение тонкодисперсной органоминеральной добавки, которая может помочь модифицировать технологические и механические свойства цементных бетонов. Применение органоминеральной добавки позволит сократить расход сырьевых материалов для производства бетонной смеси, также поспособствует разработке малоотходного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов В.Б. Российский рынок бетона в 2017-2021 гг. // Промышленник Сибири. – 2022 г.
2. Семенова В.А. Основные показатели жилого строительства // РБК Недвижимость. – 2023 г.
3. Федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом Росприроднадзора с последним дополнением от 22.05.2017 [Электронный ресурс] // Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия. URL: <http://www.fcao.ru/fkko> (дата обращения: 15.03.2023).
4. Опарина Л.А. Учет энергоемкости строительных материалов на разных стадиях жизненного цикла зданий // Строительные материалы. 2014. № 11. С. 44-45.
5. Карпенко Н. И. Ярмаковский В.Н. Основные направления ресурсоэнергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий. Часть 1. Ресурсосбережение на стадии производства строительных материалов, стеновых изделий и ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2013. № 7. С.12-18.
6. Ефименко А.З. Бетонные отходы – сырье для производства эффективных строительных материалов // Технологии бетонов. 2014. № 2. С. 17-21.
7. Сармиенто-Мантисла С., Сидорова А. Опыт использования рециклированного заполнителя бетона в строительстве: подход к механическим свойствам и конструктивным характеристикам // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону. МГСУ. 2014. Т. 6. С. 360-372.
8. Остроух А.В., Суркова Н.Е. Система рециклинга товарного бетона // Лучшая научная статья 2017: сборник статей XII Международного научно-практического конкурса. Пенза: Наука и Просвещение, 2017. С. 21–24.
9. Бугай А.В. Современные состояния и тенденции развития отрасли строительных материалов в России // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2016 г.
10. Паринов С.В., Картушина Ю.Н. Технологическая схема полной переработки отходов производства особо тяжёлого бетона // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21, № 2. С. 63–65
11. Коваленко В.В. Структурообразование в модифицированных бетонах. 2012. С. 157–163.

СОСТАВ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ БЕТОНА НА ШЛАКОЩЕЛОЧНОМ ВЯЖУЩЕМ И ЗАПОЛНИТЕЛЕ ИЗ СТЕКОЛЬНОГО БОЯ

О. А. Ларсен¹, К. А. Бутенко²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ larsen.oksana@mail.ru

² butenkoKA@yandex.ru

Аннотация

В настоящее время в строительстве наблюдается тенденция к снижению материало- и энергоемкости изделий, расширению минерально-сырьевой базы, созданию принципиально новых строительных материалов. Производство портландцемента, который на данный момент является основным гидравлическим вяжущим, связано с высоким потреблением природных минеральных и энергетических ресурсов и сопровождается высокими объемами выбросов в окружающую среду. В связи с этим внимание на строительном рынке все больше привлекают бесклинкерные гидравлические вяжущие, которые могут полностью или частично заменить портландцемент. В 1978 году В.Д. Глуховский в методическом пособии «Шлакощелочные цементы и бетоны» описал возможность применения шлака в качестве основного вяжущего для бетонных изделий [1]. В тоже время современное общество активно старается использовать различные отходы в новых сферах, тем самым выходя на уровень безотходного потребления. В сфере производства строительных материалов и изделий уже с середины 20-го века активно применяют отходы промышленного производства и бытового потребления. Примером такого материала является отходы стекольного боя. Однако, тонко перемолотое стекло в бетоне щелоче-силикатную коррозию, которая ведет к снижению прочности и образованию трещин в бетоне.

ВВЕДЕНИЕ

Шлак – побочный продукт или отход производства металла после очистки от остатков цветных компонентов, отправляемый в отвал. Стекло, по данным сайта РБК.ру, за 2022 год произвели в РФ от 15 до 20 млн. тонн, из которых только 5-7 млн. поступило на переработку. Шлакощелочной цемент – гидравлическое вяжущее вещество, в котором алюмосиликатный компонент представлен гранулированными шлаками, а щелочной – соединениями щелочных металлов, дающими щелочную реакцию. Получение бетона на основе шлакощелочного вяжущего с заполнителем из стекольного боя достигается путем затворения смеси, состоящей из молотого доменного гранулированного шлака и фракционированного заполнителя из стекольного боя, со слабыми растворами щелочей. Щелочная среда, создаваемая соединениями щелочных и щелочноземельных металлов, является определяющим условием процессов синтеза минеральных веществ щелочного и щелочноземельного состава, которые играют роль структурообразующих элементов. В результате гидратации раствор взаимодействует со шлаком в следствие катионного обмена между растворенной солью и окисью кальция, содержащейся в шлаке. Щелочи, содержащиеся в шлакощелочном вяжущем, из катализатора превращаются в компонент вяжущего, в результате чего в составе гидратных новообразований, наряду с гидросиликатами кальция в значительных количествах, кристаллизуются щелочные гидроалюмосиликаты, участвующие в синтезе прочности бетона [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Метод изготовления изделия из шлакощелочного вяжущего и стекольного боя, применяемый в данной работе – затворение смеси щелочными растворами с маркировками «1», «2», «3».

В данной работе использовали гранулированный молотый шлак со следующими характеристиками:

- Цвет: белый;
- Истинная плотность: 2,87 г/см³;
- Удельная поверхность: 5100 г/см²;
- Модуль основности: 1,02;
- Гранулометрический состав:
 - Менее 10 мкм - ~ 50 %;
 - Менее 20 мкм - ~ 80 %;
 - Менее 50 мкм - ~ 100 %;
- Оксидный состав представлен в таблице 1.

Табл. 1. Оксидный состав исследуемого вяжущего

CaO, %	SiO ₂ , %	MgO, %	Al ₂ O ₃ , %	Na ₂ O, %	K ₂ O, %
36,7	36,1	12,48	12,14	0,36	0,50

В основе исследования было важно подобрать правильный затворитель. Перед началом испытаний бетонной смеси, были заформованы призмы 160 × 50 мм. с использованием вяжущего и затворителей с маркировками «1», «2», «3», для определения активности шлакощелочного вяжущего. Определена прочность серии образцов (Таблица 2), а также выполнен анализ микроструктуры (Рис. 1-3) и установлен оксидный состав цементной матрицы (Таблицы 3-5).

Табл. 2. Активность шлакощелочного вяжущего на разных затворителях

Маркировка затворителя	Средняя плотность, г/см ³	Активность, МПа
1	1,96	30
2	1,90	33
3	2,21	44

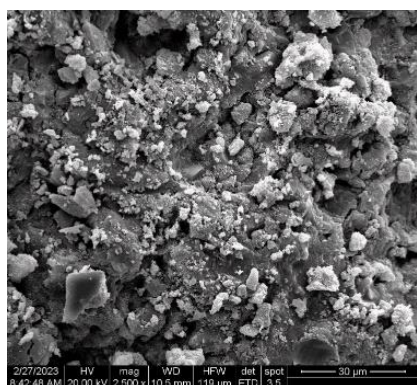


Рис. 1. Микроструктура цементного камня на заворителе с маркировкой «1»

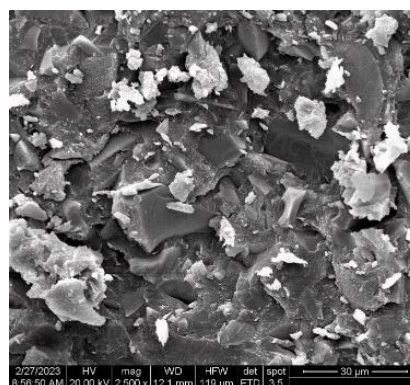


Рис. 3. Микроструктура цементного камня на затворителе с маркировкой «2»

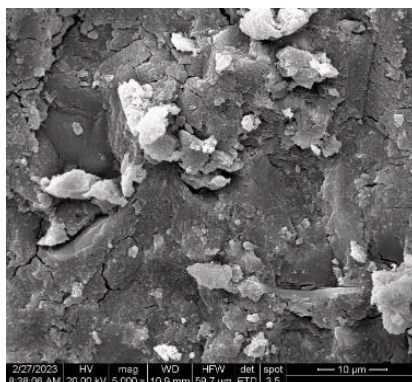


Рис. 3. Микроструктура цементного камня на затворителе с маркировкой «3»

Табл. 3. Оксидный состав цементного камня на затворителе с маркировкой «1»

CaO, %	SiO ₂ , %	MgO, %	Al ₂ O ₃ , %	Na ₂ O, %
41,94	39,07	5,52	5,14	2,49

Табл. 4. Оксидный состав цементного камня на затворителе с маркировкой «2»

CaO, %	SiO ₂ , %	MgO, %	Al ₂ O ₃ , %	Na ₂ O, %	K ₂ O, %
37,90	39,61	8,61	10,23	0,80	1,88

Табл. 5. Оксидный состав цементного камня на затворителе с маркировкой «3»

CaO, %	SiO ₂ , %	MgO, %	Al ₂ O ₃ , %	Na ₂ O, %
44,17	32,02	6,78	11,43	1,50

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы:

- 1) Активность и средняя плотность цементного камня выше у образца с маркировкой «3».
- 2) В качестве подтверждения о повышенной плотности и активности, служат снимки микроструктуры. У образца с маркировкой «3» самая плотная структура. У образца с маркировкой «1» микроструктура достаточно рыхлая.
- 3) Химический анализ дает возможность понять, что во всех образцах в процессе гидратации образуются кристаллы щелочных алюмосиликатов кальция, но в зависимости от типа затворителя, степень новообразований кристаллов, обуславливающие прочность цементного камня, разная.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод что затворитель с маркировкой «3» лучше всего подходит для замешивания бетонной смеси.

В качестве заполнителя использовали битое бутылочное стекло. Основные характеристики заполнителя:

- Цвет: прозрачный, коричневый, зеленый;
- Фракция: 0-10 мм.

Состав бетона на шлакощелочном вяжущем и заполнителе из стекольного боя:

В/Ц	Ц, кг	Затворитель, %	Стекло фр. 0-10, кг
0,4	371	7	530

Условия выдержки: 28 суток в камере нормального твердения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Табл. 6. Призменная прочность образцов бетона

№ Образца	Средняя плотность, г/см ³	Прочность на изгиб, МПа	Прочность на сжатие, МПа
1	1,74	2,48	22,61
2	1,71	2,54	22,52
3	1,79	2,63	22,96



Рис. 4. Внешний вид образца бетона из шлакощелочного вяжущего и стекольного боя

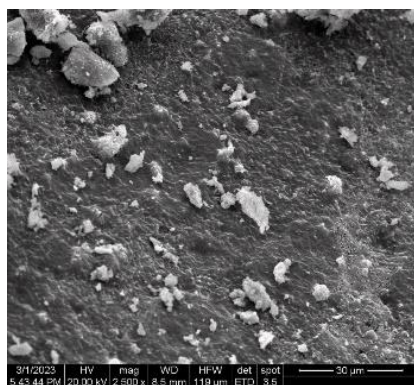


Рис. 5. Микроструктура цементного камня

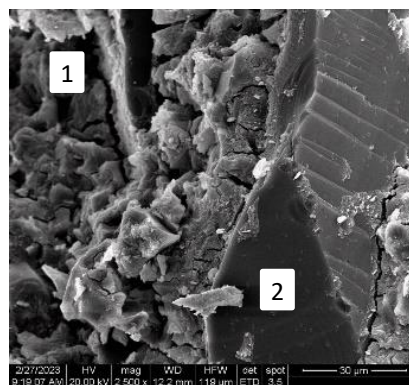


Рис. 6. Микроструктура контактной зоны (1 - цементный камень, 2 – заполнитель из стекольного боя)

Табл. 7. Оксидный состав цементного камня

CaO, %	SiO ₂ , %	MgO, %	Al ₂ O ₃ , %	Na ₂ O, %	K ₂ O, %
34,51	32,93	8,02	12,99	8,82	0,88

Табл. 8. Оксидный состав контактной зоны

CaO, %	SiO ₂ , %	MgO, %	Al ₂ O ₃ , %	Na ₂ O, %	K ₂ O, %
31,11	43,82	5,78	9,46	7,15	0,73

ВЫВОДЫ

- 1) Обоснована возможность получения бетона на шлакощелочном вяжущем и заполнителе из фракционированного стекольного боя;
- 2) Исследованы основные свойства компонентов шлакощелочного вяжущего;

- 3) Установлена оптимальная крупность заполнителя, соответствующая технологическим и эстетическим требованиям к готовому продукту.
- 4) Подобран щелочной затворитель, соответствующий необходимым требованиям для обеспечения процесса гидратации;
- 5) Изучены основные свойства бетонных смесей и бетонов;
- 6) Получен бетон со средней прочностью на изгиб 2,6 МПа и на сжатие 22,6 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлшакощелочные цементы и бетоны - 1978. 185 с.
2. Официальный сайт РБК - <https://www.rbc.ru/> - 2022.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ АРХИТЕКТУРНЫХ БЕТОНОВ

А. А. Солодов¹, М. С. Буранова², О. А. Ларсен³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ artem@solodof.ru

² mariaburanov02@mail.ru

³ larsen.oksana@mail.ru

Аннотация

Предмет исследования: поверхность архитектурных бетонов с различным качеством поверхности.

Цели: изучение качества поверхности бетона.

Материалы и методы: портландцемент, шлак доменный гранулированный молотый, кварцевый песок, щебень, вода, пластификатор, планшетный сканер, персональный компьютер, программное обеспечение для обработки изображений. Оценка качества поверхности с помощью Simple метода производилась на образцах-кубах 150x150x150 мм сканированием их граней и дальнейшей обработкой результатов путем подсчета коэффициента пористости поверхности.

Результаты: произведена оценка качества поверхности с помощью коэффициента пористости поверхности, рассчитанного путем подсчета содержания приповерхностных пор бетонных образцов.

Выводы: оценка качества бетонных поверхностей с помощью Simple метода. Такой метод имеет преимущество, благодаря своей простоте, низкой стоимости, минимальному времени и отсутствию необходимости квалифицированных специалистов.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектурный или фасадный бетон становится сегодня одним из предпочтительных строительных материалов среди архитекторов и инвесторов. Его поверхность не предполагает дальнейшую отделку и остается открытой. Долговечность открытых бетонных конструкций всегда в наибольшей степени зависит от качества их исполнения. Структура открытого бетона непосредственно подвергается воздействию окружающей среды, и поэтому его поверхностный слой более чувствителен к возможным процессам разрушения. Долговечность и эксплуатационные характеристики архитектурных бетонов зависят от количества цемента, содержания заполнителей и водоцементного отношения, используемых в смеси, а также от содержания в ней вовлеченного воздуха. Роль воздухововлекающих добавок в бетоне сводится к обеспечению прочности при замораживании-оттаивании [1].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одной из первых попыток оценить расстояние между воздушными порами была предпринята Пауэрсом [2], что послужило основой для разработки методики американского стандарта ASTM C 457 [3]. Расхождение результатов с использованием этого метода отмечается многими исследователями в связи с тем, что этот метод признан достаточно трудоемким и требует квалифицированной подготовки персонала [4-6].

В настоящее время разработаны методы визуального контроля и неразрушающих испытаний бетонных поверхностей. Ни один из них, за исключением метода с использованием коэффициента качества поверхности [7], не является простым методом, который может быть использован в работе неподготовленным человеком.

Для определения качества поверхности бетонных элементов используется несколько методов, одним из которых является коэффициент качества поверхности. Он получается при применении упрощенного метода количественной оценки поверхности с расположенными на

ней порами и рассчитывается в процентах как отношение площади поверхности пор к площади исследуемой поверхности.

В настоящее время для определения процентного содержания воздушных приповерхностных пор возможно осуществить на плоском сканере. Настольные сканеры позволяют получать точные, неискаженные изображения изогнутой поверхности кернов и проводить 3D-оценку формы заполнителей, а также оценивать поверхность образцов с плоской поверхностью. Такая методика позволяет получать изображения поверхности бетона высокого разрешения, на которых можно различить воздушные поры вовлеченного воздуха, подсчитать их количество и сравнить с аналогичными составами.

Оценку поверхности образцов изогнутой формы возможно провести с помощью программного обеспечения ImageJ, которое может дать объективную оценку пустотности с высокой точностью. В настоящее время для отображения и обработки полученных изображений больше не требуется никакого специального оборудования. С появлением графических пользовательских интерфейсов это стало неотъемлемой функцией персонального компьютера. Это позволило получить обработанное изображение с помощью видео или фотокамеры и разработать автоматизированную систему анализа бетонной поверхности.

Наиболее известная из современных автоматизированных систем доступна от фирмы Concrete Experts International (CXI). Она широко известна как система автоматического анализа бетонной поверхности Rapid Air 457. Эта система выполняет анализ с помощью камеры в оттенках серого. В дальнейших исследованиях использовался плоский сканер для получения изображения поверхности затвердевшего бетона и последующей обработки их с помощью компьютера.

Метод планшетного сканера, разработанный Мичиганским технологическим университетом, который работает по принципу усиления контраста, при котором невоздушные участки поверхности кажутся черными, а воздушные пустоты — белыми. Перед сканированием образца по периметру полированной поверхности размещают 8 наклеек. Они не позволяют поверхности опираться непосредственно на стеклянную пластину сканера, чтобы избежать царапин. Повышение контраста достигается путем рисования перекрывающихся параллельных линий черным маркером с широким концом.

Так же существует еще один метод определения особенностей поверхности бетона с помощью плоского сканера. Его отличие состоит в простой подготовке перед сканированием. Он использует черную струйную печать для заполнения пустот в бетоне, поэтому, в отличие от других методов, воздушные пустоты отображаются черным цветом, а паста и заполнитель — серым. Используемые черные чернила, обычно предназначенные для струйных принтеров, имеют множество преимуществ. Его вязкость позволяет лучше проникать во все доступные пустоты. Пигменты для струйной печати представляют собой нанодисперсные полимерные пигменты, средний размер частиц которых составляет менее 100 нм. Размер его частиц меньше размера частиц белого порошка 2 мкм что и позволяет анализировать нанопузырьки воздушной полости.

В данном исследовании оценка качества бетонных поверхностей проводилась с помощью Simple метода. Такой метод имеет преимущество, благодаря своей простоте, низкой стоимости, минимальному времени и отсутствию необходимости квалифицированных специалиста. Оценка качества поверхности с помощью Simple метода включала в себя несложное оборудование: планшетный сканер, персональный компьютер, программное обеспечение для обработки изображений. При этом производилась оценка качества поверхности на разных составах самоуплотняющегося архитектурного бетона на образцах-кубах 150x150x150 мм со сканированием их граней и дальнейшей обработкой результатов путем подсчета коэффициента пористости поверхности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном исследовании применялись следующие материалы, представленные в таблице 1.

Табл. 1. Материалы для приготовления самоуплотняющегося архитектурного бетона

Материалы	Состав 1	Состав 6
Цемент Шурово Цем0	450	410
Шлак Мечел	150	170
Песок Латненский (мелкий)	-	185
Песок Богаевский (крупный)	840	425
Щебень Лахколампи 10-15	-	265
Щебень Лахколампи 5-10	840	780
Вода	158	185
Пластификатор	6,28	5,3

Каждый компонент взвешивали перемешивали в лабораторном бетоносмесителе для достижения равномерного распределения в смеси., а затем бетонную смесь заливали в стальные формы размером 150 мм.

Сам процесс начинался с полировки поверхностей образцов с помощью мелкозернистой бумаги, а остатки и всевозможная пыль удаляются щеткой или продуванием сжатым воздухом (рис. 1). Этот шаг делается для того, чтобы устранить все неровности и получить гладкую поверхность.

Далее мы добивались повышения контрастности, с целью создания поверхности, на которой пустоты в бетоне окрашены в черный цвет, а остальные фазы окрашены в светло-серый цвет. Этот контраст позволяет четко различать части образца, содержание пустоты, и непустые участки на сканировании изображения. Для этого малярной кистью наносится толстый слой черной краски на гладкую поверхность, и после высыхания бетонную поверхность осторожно очищается тканью, пропитанной специальным раствором, чтобы уменьшить яркость черного на гладкой поверхности, которая меняет цвет от серого до светло-коричневого, а пустоты остаются черными.



Рис. 1. Образцы перед испытанием

После этого образцы проходят этапы сканирования и цифровой обработки изображения. Далее был подсчитан коэффициент качества поверхности, который составил у состава 1 – 2,2; состав 2 - 0,6.

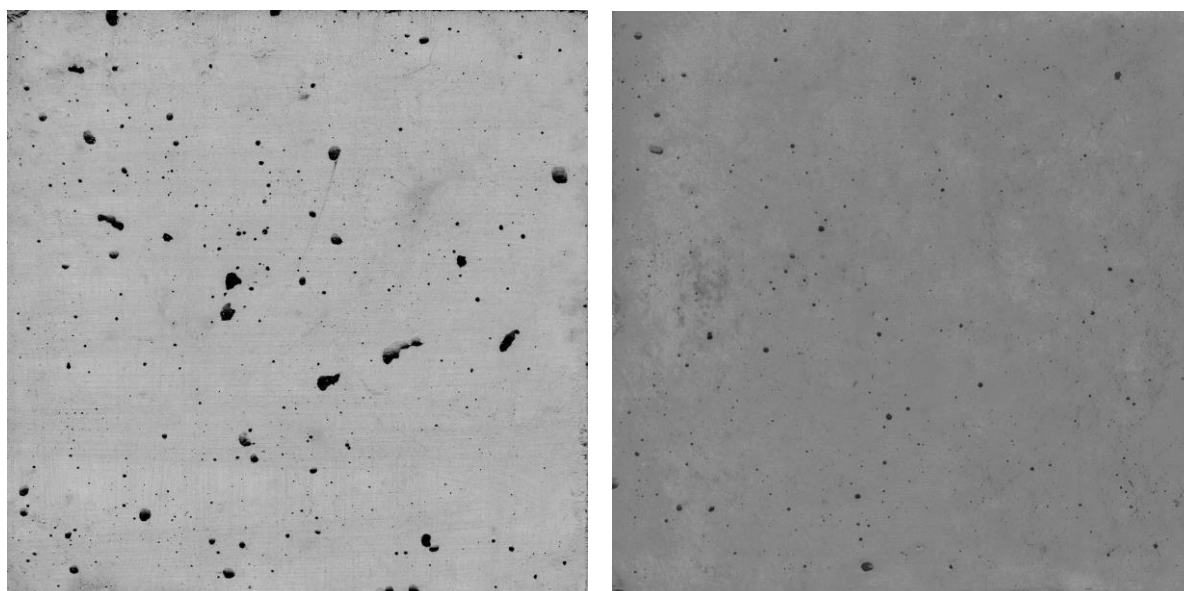


Рис. 2. Поверхность исследованных образцов, полученная при сканировании

ВЫВОДЫ

Предлагаемый малозатратный метод оценки бетонной поверхности применяется к бетонам различной прочности. Распределение воздушных пустот является одним из показателей прочности бетона, который необходимо учитывать.

1. Метод, предложенный в работе, является недорогим, простым в применении и не требует специальных материалов, поскольку все, что необходимо, — это значительное количество отполированных образцов.
2. Дает достаточную точность и может использоваться для широкого спектра бетонной поверхности с воздушными приповерхностными пустотами. Не требует квалифицированного труда, дополнительных усилий и времени.
3. Компьютерная обработка данных изображения показала, что коэффициент качества поверхности составил у состава 1 – 2,2%; состав 2 - 0,6%. Однако для получения поверхности высокого качества необходимо стремиться к значению этого коэффициента, равного 0,3%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самченко С. В., Ларсен О. А., Альбаиди Д. А. Н., Наруть В. В., Бахрах А. М., Солодов А. А. Бетоны на карбонатном сырье для сухого жаркого климата // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 9. С. 74-79. doi: 10.33622/0869-7019.2022.09.74-79
2. Powers TC. The air requirement of frost-resistant concrete, Proceedings, Highway. Research Board, 29 (1949) 184-202.
3. Saorin F. J. B., Belmonte I. M., Parra Costa C., C. Rodriguez Lopez, Valcuende Paya M. QSI Methods for Determining the Quality of the Surface Finish of Concrete // Sustainability 2018, 10, 931; doi:10.3390/su10040931
4. Lemaire, G.; Escadeillas, G.; Ringot, E. Evaluating concrete surfaces using an image analysis process. Constr. Build. Mater. 2005, 19, 604–611. [CrossRef]
5. Klovas, A.; Daukšys, M. The influence of form release agent application to the quality of concrete surfaces. Mater. Sci. Eng. 2013, 47, 012061. [CrossRef]
6. Chen, Z.Q.; Hutchinson, T.C. Image-Based Framework for Concrete Surface Crack Monitoring and Quantification. Adv. Civ. Eng. 2010, 2010, 18
7. Majchrowski, R.; Grzelka, M.; Wiczorowski, M.; Sadowski, L.; Gapin' ski, B. Large Area Concrete Surface Topography Measurements Using Optical 3D Scanner. Metrol. Meas. Syst. 2015, 22, 565–576.

ПОДБОР СОСТАВА БЕТОННОЙ СМЕСИ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

С. В. Самченко¹, П. Д. Тоболев²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

² toboleff@yandex.ru

Аннотация

Предмет исследования: бетон для облицовки гидротехнических сооружений, эксплуатируемый в зонах переменного уровня воды.

Цели: подбор состава гидротехнического бетона, удовлетворяющего требования по водонепроницаемости, морозостойкости, водостойкости, малому тепловыделению, прочности, а также по подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси. Кроме того, гидротехнический бетон должен иметь возможно малую усадку, а в тех частях сооружения, которые подвергаются истирающему действию взвешенных или донных наносов, достаточную прочность на истирание.

Материалы и методы: Портландцемент (ЦЕМ I 42,5 Н), песок (Боларс), щебень (фракция 5-10 мм), суперпластификатор Sika ViscoCrete - 5060, воздухововлекающая добавка Sika Aer.

Подбор рабочего состава бетонной смеси и его опытный замес с последующим определением подвижности.

Результаты: в результате испытаний был подобран оптимальный состав гидротехнического бетона с повышенными эксплуатационными свойствами и установлена подвижность бетонной смеси.

Выводы: подбор оптимального состава бетонной смеси позволяет значительно улучшить эксплуатационные свойства бетона.

ВВЕДЕНИЕ

Гидротехнические сооружения – это инженерные объекты для использования водных ресурсов, а также борьбы с вредным воздействием вод. За прошедшие 100 лет водохозяйственный и энергетический комплексы Российской Федерации стали надежной основой для развития экономики как страны в целом, так и отдельных ее регионов, в том числе Москвы. Сегодня в России работает несколько сотен крупных и средних гидроузлов, тысячи километров каналов, несколько тысяч водохранилищ, десятки тысяч гидротехнических сооружений в составе объектов энергетики, городского и сельского хозяйства. Многим из них требуется обновление и техническая модернизация оборудования, а некоторым – полная реконструкция. Строительство гидротехнических сооружений на всех типах водных объектов необходимо для природоохранной и энергетической отраслей нашей страны [1,2].

Из-за сниженных требований к строительным материалам и швам сооружения из особо тощего малоцементного бетона являются водопроницаемыми и, поэтому необходима установка противотрационного элемента на напорной грани, в качестве него может выступать железобетонный экран. Для эффективного противостояния фильтрации воды, железобетонные экраны должны иметь достаточную толщину, а швы подвергаются плотной герметизации. На рисунке 1 представлена плотина из малоцементного бетона, облицованная вибрированным бетоном [3].



Рис. 1. Поперечное сечение глухой секции плотины

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Основные строения гидротехнического назначения, такие как плотины, дамбы, тоннели, водосбросы, набережные выполняют важную роль в производстве гидроэнергии, орошении, водоснабжении и предотвращении наводнений.

Повышение долговечности и коррозионной стойкости остаются актуальными вопросами для железобетона, используемого при строительстве гидротехнических сооружений. Бетон эксплуатируемых гидротехнических сооружений подвергается различным воздействиям окружающей среды и обычно контактирует с грунтовыми водами, которые агрессивно ведут себя по отношению к стальной арматуре [4].

Фильтрация и выщелачивание водой бетона являются главными причинами разрушения гидротехнического бетона. Следовательно, решением проблемы является повышение водонепроницаемости бетона. Бетон является водонепроницаемым материалом. На рис. 2 показано, как вода просачивается через бетонное сооружение и через грунт, путем проникновения в промежутки между частицами и порами в почве. В результате это влечет за собой разрушение структуры бетона, которое проявляется в потере конструкции своей целостности или к переувлажнению площади, находящейся за таким изделием. Грунт под сооружением размывается и разрушается.

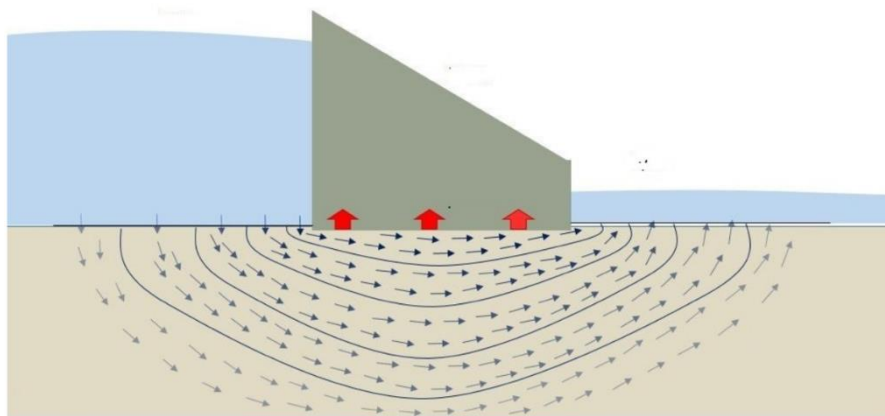


Рис. 2. Схема движения воды через толщу бетона и через подводную часть грунта у гидротехнического сооружения

При использовании бетонов высокой коррозионной стойкости можно создавать такие бетонные и железобетонные конструкции, которые будут обладать высокой долговечностью в агрессивной среде без применения дополнительной защиты от коррозии [5].

Обеспечение высокого качества гидротехнических бетонных конструкций и сооружений можно достичь путем проведения комплекса действий: назначения оптимального состава бетонной смеси с целью достижения необходимых и физико-механических характеристик готового бетона, а также надлежащей организации производства работ, которая заключается в использовании обоснованных технологических приемов приготовления смеси, доставки до объекта, укладки бетонной смеси и обеспечение надлежащего ухода за гидротехническим бетоном [6,7].

На сегодняшний день эти вопросы остаются актуальными и требуют современных решений старой проблемы при возведении гидротехнических сооружений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы для проведения испытания приведены в табл. 1.

Табл. 1. Материалы для подбора состава бетона

Показатель	Значение
Портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Н	
R _ц , МПа	52
Нормальная густота, %	28,5
Плотность, кг/м ³	3120
Песок нормального зернового состава	
Плотность зерен, кг/м ³	2640
Модуль крупности	2,3
Водопотребность, %	6,3
Щебень фракции 5-10	
Плотность зерен, кг/м ³	2698
Водопотребность, %	3,1
Добавки	
Суперпластификатор	Sika ViscoCrete - 5060
Воздухововлекающая	Sika Aer

Методика проведения испытания заключается в следующем – рассчитать состав бетона на 1 м³ из исходных материалов, приведенных в табл. 1, согласно полученному расчету (табл. 2) подготовить навески компонентов бетонной смеси для перемешивания в бетоносмесителе.

Табл. 2. Рабочий состав бетонной смеси

Материалы	Расход на 1 м ³
Цемент	395
Вода	170
Песок	840
Щебень	1100
Суперпластификатор	2,0
Воздухововлекающая добавка	0,316

Испытание проводилось в бетоносмесителе ёмкостью 7 л. После тщательного перемешивания и добавления воды определили подвижность бетонной смеси. Подвижность характеризуется величиной осадки стандартного конуса. В ходе проведения испытания получили осадку конуса равную 2 см (рис.3), что соответствует подвижности смеси П1.



Рис. 3. Осадка конуса бетонной смеси рабочего состава

ВЫВОДЫ

В результате испытаний был подобран состав гидротехнического бетона, подвижность которого составляет 2 см. Марка по водонепроницаемости составляет W12, а по морозостойкости F2300. Это дает основание предполагать, что состав данной бетонной смеси идеально подойдет для производства гидротехнических облицовочных панелей в заводских условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерахтин Б.М., Ерахтин В.М. Строительство гидроэлектростанций в России. Учебно-справочное пособие для вузов и инженеров гидростроителей // Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007.
2. Гришин М.М., Розанов Н.П., Белый Л.Д. Бетонные плотины на скальных основаниях. Учебное пособие для вузов // Москва: Стройиздат, 1975.
3. Анискин Н.А., Шайтанов А.М. Строительство, конструкции и инновации плотин из малоцементного бетона // Вестник МГСУ. 2020. № 7. С. 1018-1029.
4. ГОСТ 4795-53 Бетон гидротехнический. Общие требования.
5. СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений
6. Кузнецова Т.В. Алюминатные и сульфоалюминатные цементы // Москва: Стройиздат, 1986.
7. Кузнецова Т.В. Проектирование технологий конструкционных теплоизоляционных пенокомпозитов // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. Вып. 1. Режим доступа: <http://vestnik-nauki.ru> Дата обращения: 21.03.2023.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ ПРОТИВОМОРОЗНЫХ ДОБАВОК

С. В. Самченко¹, Д. С. Былинкин²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ samchenko@list.ru

² bylinkin.d.s@yandex.ru

Аннотация

Предмет исследования: закономерности структурообразования бетона в присутствии комплексной добавки, позволяющие на ранних этапах формирования структуры бетона оказывать влияние на его схватывание и твердение, а также сохранение положительной температуры бетонной смеси.

Цели: исследование сроков схватывания при отрицательных температурах (-18 °С) и определение периода формирования структуры при положительных (20 °С).

Материалы и методы: Цемент ОАО «Сухоложскцемент» ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108-2020 и ЦЕМ I 42,5Н СС по ГОСТ 22266-2013 производства, вода согласно ГОСТ 23732–2011, химические добавки Формиат натрия и Нитрат кальция.

Проведены исследования сроков схватывания цементного теста нормальной густоты с добавкой формиата натрия и нитрата кальция. Исследовано структурообразование цементного теста нормальной густоты с формиатом натрия и нитратом кальция.

Выводы: Установлено, что начало схватывания цементного теста в присутствии формиата натрия наступает через 90 мин, начало схватывания цементного теста в присутствии нитрата кальция наступает через 110 мин. Период формирования структуры в присутствии формиата натрия при температуре 20°С наступает через 120 минут. Формиат натрия действует как ускоритель твердения при положительных температурах.

ВВЕДЕНИЕ

В период строительно-монтажных работ в зимнее время при температуре окружающего воздуха ниже 0 °С проводятся мероприятия по обеспечению набора прочности для монолитных железобетонных конструкций. В качестве методов бетонирования для предотвращения замерзания бетонной смеси в момент погрузки в транспортное средство, а также при укладке смеси используют ее подогрев с помощью введения органических и неорганических веществ. Но для поддержания температуры смеси для набора прочности, составляющую не менее 70% от марочных значений, используют электропрогрев и термический обогрев бетонируемой конструкции.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для получения заданных свойств бетонной смеси применяются добавки, которые могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние. Поэтому при подборе состава необходимо обеспечить точное дозирование добавки, которое зависит от массы вяжущего. Ее оптимальное содержание будет обеспечивать заданные свойства бетонной смеси при ее укладке в опалубку и поддержание положительной температуры.

Для проведения бетонных работ при отрицательных температурах применяются различные противоморозные добавки на основе ускорителей твердения органического и неорганического происхождения. В последнее время получили широкое распространение комплексные противоморозные добавки, сочетающие в себе действие ускорителей твердения, пластификаторов и воздухововлекающих компонентов [1].

Ускорители твердения в зависимости от фазового состава портландцемента могут относиться к различным классам, изменять растворимость вяжущего.

Наиболее часто применяемыми ускорителями твердения в комплексных противоморозных добавках являются формиат натрия, нитрит натрия, этиленгликоль, нитрат кальция, глицерин, нитрат натрия. Они вводятся в небольших количествах (до 5%) и в зависимости от их концентрации свойства бетонной смеси могут изменяться [2].

Поэтому совместное сочетание этих трех компонентов в комплексной добавке будет иметь важное значение для получения заданных свойств бетонной смеси.

В данной работе проводились исследования сроков схватывания и определялся период формирования структуры цементного теста в присутствии ускорителей схватывания.

Присутствие противоморозного компонента оказывает влияние на технологические свойства в бетонной смеси, а именно, на сохраняемость. Эти добавки, как правило, содержат вещества, которые улучшают свойства и снижают способность бетонной смеси к замерзанию.

Период формирования структуры бетона зависит от многих факторов, таких как водоцементное отношение, температура, присутствие заполнителя и добавок [3].

Формиат натрия является одним из наиболее эффективных и безопасных противоморозных добавок. Он не вызывает коррозию арматуры, так как не содержит ионы хлора. Кроме того, данная добавка практически не оказывает вредного воздействия на окружающую среду и здоровье животных.

Несмотря на все преимущества формиата натрия, эта противоморозная добавка не является универсальным и может иметь ограниченное применение в отдельных регионах. Так, данная добавка может быть неэффективной при очень низких температурах, а область его действия ограничивается температурами от 0 до -15°C . Введение данной добавки способствует пластификации смеси и обеспечить ей повышенную сохраняемость, что является очень важным свойством при транспортировании бетонной смеси на дальнее расстояние.[4]

Количество введенного формиата натрия в бетонную смесь может составлять от 2-4% от массы цемента в пересчете на сухое вещество.

Перспективным является применение нитрата кальция, так как использование этой добавки может повышать прочность бетона во времени и значительно увеличивать водонепроницаемость бетона. Использование этой добавки позволяет выдерживать бетонную смесь при температурах до -25°C , что расширяет область ее применения. Нитрат кальция вводится в количестве от 1-3% [5-6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве вяжущего применялись портландцементы ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108-2020 и ЦЕМ I 42,5Н СС по ГОСТ 22266-2013 производства ОАО «Сухоложскцемент». ЦЕМ I 42,5Н имел активность 50 МПа в возрасте 28 сут, нормальную плотность цементного теста 27,5%, истинную плотность $3,21 \text{ г/см}^3$, удельную поверхность $3680 \text{ см}^2/\text{г}$, сроки схватывания: начало схватывания -120 мин, конец схватывания – 245 мин и содержанием $\text{C}_3\text{S}=62,0 \%$ и $\text{C}_3\text{A}=5,5 \%$. ЦЕМ I 42,5Н СС имел активность 49 МПа в возрасте 28 сут и 21,3 МПа в возрасте 2 сут, нормальную плотность цементного теста 26,5%, истинную плотность $3,1 \text{ г/см}^3$, удельную поверхность $3580 \text{ см}^2/\text{г}$, сроки схватывания: начало схватывания -180 мин, конец схватывания – 250 мин и содержанием $\text{C}_3\text{S}=62,78 \%$ и $\text{C}_3\text{A}=2,83 \%$.

Формиат натрия - химическая формула: CH_5NO_2 . Нитрат кальция - химическая формула: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

В данной работе исследовалось влияние добавок формиата натрия и нитрата кальция на сроки схватывания цементного теста нормальной густоты. Исследовано структурообразование цементного теста нормальной густоты с формиатом натрия и нитратом кальция.

Таким образом, процесс гидратации цемента играет ключевую роль в формировании кристаллической структуры в бетонной смеси. Он обеспечивает стойкость и устойчивость к деформации, что позволяет использовать смесь в различных конструктивных решениях.

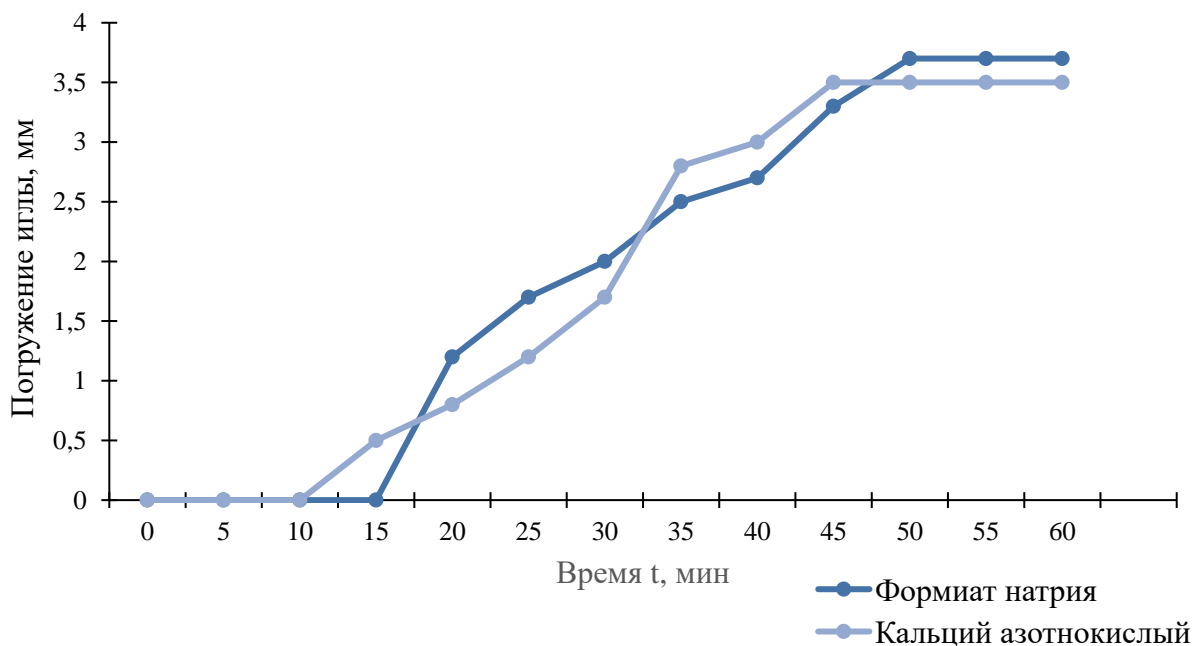


Рис. 1. Зависимость погружения иглы через цементное тесто при дозировке добавки в 1,25-1,5%

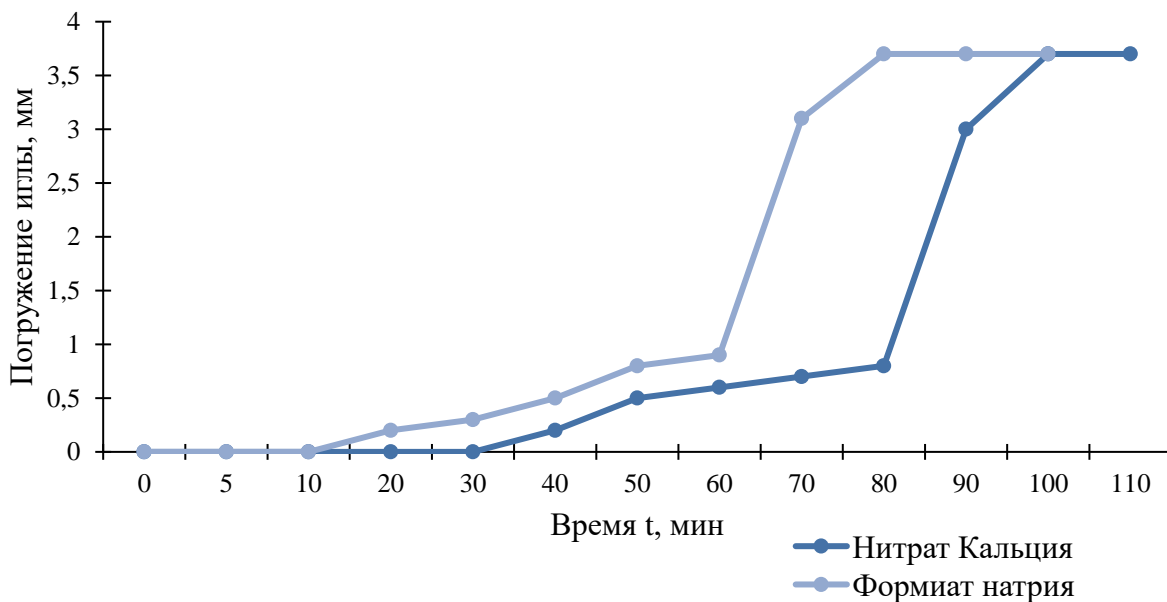


Рис. 2. Зависимость погружения иглы через цементное тесто при дозировке добавки в 3,5-4%

При неподвижном состоянии на протяжении 1 часа 30 минут смесь из цемента с добавками замерзала, но учитывая тот факт, что применение комплексных модификаторов возможно только с помощью дополнительных методов зимнего бетонирования, для поддержания своевременного набора прочности бетонной или цементной смеси.

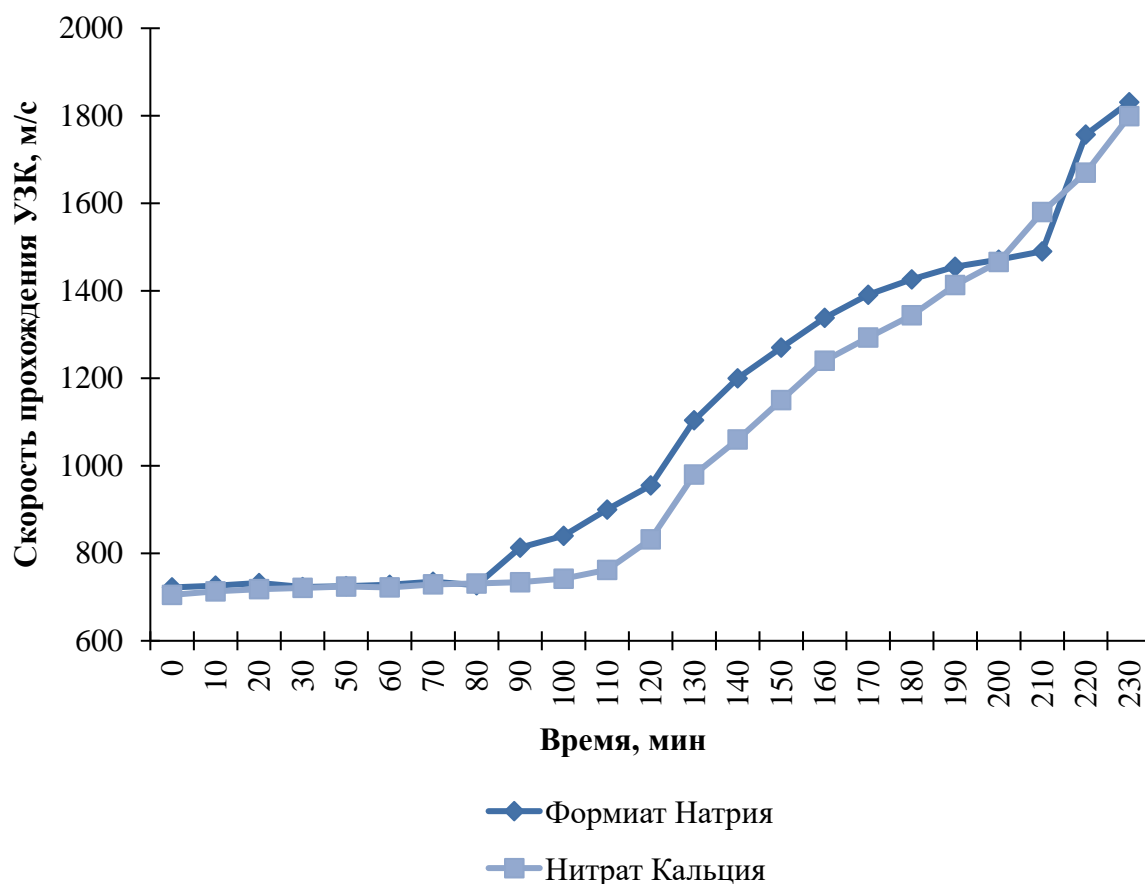


Рис. 3. Зависимость скорости прохождения УЗК через цементное тесто (V) от времени (T) (В/Ц=0,28)

ВЫВОДЫ

На основании полученных данных можно сделать вывод, что:

1. Введение ускорителей твердения на основе формиата натрия и нитрата кальция способствует сохранению свойств вяжущего при отрицательных температурах, обеспечивая положительную температуру цементного теста, при которой наступает начало схватывания. Введение формиата натрия обеспечивает начало схватывания через 90 мин после затворения в то время, как при использовании нитрата кальция начало схватывания наступает через 110 мин. Формиат натрия действует как ускоритель твердения при положительных температурах. Определено, период формирования структуры цементного теста при твердении при положительной температуре (20°C) сокращается с четырех часов до 120 мин.
2. Прохождение скорости ультразвука на цементном тесте при положительной температуре (20°C) показало, что с добавлением формиата натрия и нитрата кальция скорость твердения смеси увеличивается в 4 раза, что дает существенные показатели роста набора прочности исходя из заданных проектных значений. С добавлением нитрата кальция, показатели подвижности смеси были значительно ниже, чем у формиата натрия, однако эти показатели при визуальном осмотре означают, что подвижность с применением данных добавок выше, чем от стандартных проектных значений цементного теста без добавления исследуемых в работе добавок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М., 1998. 768 с.
2. Ратинов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1973. 188 с.
3. Еленова А.А. Влияние гидродинамически активированной добавки кристаллогидрата на гидратацию и твердение цементного камня / А.А. Еленова, Ю.Р. Кривобородов // Успехи в химии и химической техноло-гии. — Т. 30 из 7. РХТУ им. Д.И. Менделеева Москва, 2016. С. 36–38.
4. Руководство по применению химических добавок в бетоне. М.: Стройиздат, 1985. 64с.
5. Брыков А.С., Данилов В.В., Ларичков А.В. Особенности гидратации портландцемента в присутствии силикатов натрия // ЖПХ. 2006. Т. 79. № 4. С. 533-536.
6. Пособие по применению химических добавок в производстве сборного железобетона. М.: НИИЖБ, 1991. 35 с.

CHANGE IN THE ELECTRICAL RESISTIVITY OF CONDUCTIVE CONCRETE DURING CURING

O. A. Larsen¹, A. M. Bakhrakh²

^{1,2} *Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, 129337, Russian Federation*

Abstract

The analysis of methods for obtaining conductive concrete and the effect of its composition on the electrical resistivity is carried out. Compositions of composite binder obtained by mixing of OPC CEM I 42,5 N, carbon black K-354 in the amount of 15% and 30% of the binder weight, as well as powdered plasticizer are proposed. The analysis of the obtained data on the change in electrical resistivity during hardening under normal conditions is carried out. The dynamics of strength gain and changes in electrical resistivity are compared depending on the ratio of the amount of mineral binder and conductive component.

Keywords: Conductive concrete, electrical resistivity, hydration, Portland cement.

INTRODUCTION

The electrical properties of concrete can be used in a wide range of industries: electric power, construction, military-industrial complex [1-4]. It is possible to distinguish types of conductive composite electrically conductive materials depending on the material on which they are made:

- based on mineral binder;
- based on a polymer binder.

In construction, the use of conductive composites based on a cement matrix is most relevant. The formation of the cement stone structure is an extremely complex process that determines the possibility of expansion or shrinkage [5].

Conductive concretes are obtained by adding conductive components, such as: carbon black [6], coke [7], carbon fiber [8], metal chips [9], carbon nanotubes [10, 11].

The dependence of the electrical resistance of especially high-strength fiber concrete was investigated [12]. The maximum fiber volume was 3% of the total volume. Copper plates were immersed into the samples of the prism form before setting, measurements of electrical resistivity were carried out using a multimeter. Samples after partial destruction showed a decrease in the value of electrical resistivity. Measurements were carried out in several directions. Thus, the increase in conductivity is associated with an increase in the number of contacts between the fiber.

The joint use of the following dosages of conductive components for the production of betel was proposed: steel fiber - 1-3% by volume, steel chips – 5-40% by volume [13]. The following characteristics of betel are given: electrical resistivity 1-40 ohms * cm, compressive strength – at least 30 Mpa, density – 1450-1850 kg / m³.

The production of betel with a specific electrical resistance of 45-55 ohms * cm by adding carbon fiber in an amount of 2% by weight of cement described in [14]. Conductive concrete with stable properties was obtained, however, taking into account the cost of carbon fiber, the mass application of such technology is difficult based on low economic efficiency.

The optimal parameters of the fiber are a length of 3-15 mm and a diameter of several microns, according to the data presented in the sources [15-16]. The use of carbon nanotubes is quite effective, but the development of technology is stopped by their high cost.

In domestic practice, research in the field of conductive concretes with the addition of carbon black has received the greatest development. Some papers [17-20] are devoted to the study of the influence of such properties of carbon black as structurality and specific surface area on the conductivity of composites. At the same time, the effect of the hydration process of Portland cement on the formation of conductive chains from the conductive component has not been studied enough.

The principle of introducing the conductive component into the concrete mixture and its uniform distribution over the volume in order to obtain chains of the conductive component is the basis for obtaining effective conductive concrete. The main differences are provided by different types of conductive component and different methods of preparation of the mortar.

In source [8], a study of the possibility of obtaining electrically conductive concrete by combining steel reinforcement mesh and whole steel fiber is presented. A similar solution was proposed as a replacement for the combination of steel chips and steel fiber to produce a more workable concrete mix having better rheological properties. Obtaining self-compacting concrete mixes is difficult comparing to mortars without fiber, which is caused by the type of the fiber, providing more internal friction forces.

In Soviet and Russian practice carbon-based particles obtained by burning of different organic materials are usually used as a conductive additive to obtain electrically conductive concretes. In the methodological recommendations compiled by the Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A. A. Gvozdev in Moscow (NIIZB) in the early 80-s [7], it is recommended to use coke fines of various fractions as a conductive additive. A significant disadvantage of the method is low compressive strength of the obtained electrically conductive concrete due to high content of coke coal fines having low density comparing to usual coarse and fine aggregates in concretes. High porosity and specific area of the fines made the mortars obtained by the method with poor rheological properties due to high water demand.

Electrically conductive concretes are not widely, which is probably caused by their low technological efficiency, since the fine carbon component has very high water demand, in case of using steel fiber the problem is also actual. Another reason is the absence of methodology and standards in the sphere of producing electrically conductive concretes and workpieces of them.

EXPERIMENTAL WORK.

MATERIALS AND METHODS

The following materials are used in the work:

- 1) additive-free Portland cement Cem1 42.5 D0 produced by LLC "Holsim (RUS) SM" in accordance with GOST 31108-2020 "General construction cements. Technical conditions";
- 2) technical carbon of the K-354 brand according to GOST 7885-86 "Technical carbon for rubber production. Technical conditions";
- 3) naphthalene-formaldehyde superplasticizer Sika in dry powdered form;
- 4) water according to GOST 23732-2011 "Water for concrete and mortar. Technical conditions".

The mobility of the composite test was evaluated by the measuring of the cone shape in accordance with GOST 310.4-81. The samples were made on a test with a 200mm cone shape spread with the same amount of mixing water equal to 0.5 of the mass of the composite binder. Equal mobility was ensured by selecting the appropriate dosage of the additive.

The absolute electrical resistance values were measured with a digital multimeter RGK DM-30 776448, entered in the State Register of measuring equipment (State Register No. 81409-21). Measurements were made on samples in the form of a parallelepiped with dimensions of 200x100x5 mm, by connecting multimeter probes to wires connected to metal contact plates with dimensions of 30x80mm located inside the sample at a distance of 100mm from each other, symmetrically relative to the transverse and longitudinal sections of the sample (Figure 1).



Fig. 1. Electrical resistivity measurement.

EXPERIMENTAL TEST, RESULTS, AND DISCUSSION

Samples for measuring electrical resistance in accordance with the procedure described in the previous section, as well as beam samples of 16x4x4 cm in size, were made from an equally movable composite binder dough obtained by dry mixing of Portland cement, carbon black and superplasticizer. The component ratios and test parameters are given in Table 1. The main difference between the two compositions is the amount of the conductive component, 15 and 30% for compositions No. 1 and No. 2, respectively. At the same time, the significant water demand of carbon black required an increase in the amount of plasticizer by more than 2 times in composition No. 2 to obtain an equally workable mortar.

Table 1. Mix ratios in%.

No	OPC, %	Carbon black, % by mass	Superplasticizer, % by mass of disperse components	W/B	Slump, mm
1	85	15	1,5	0,5	200
2	70	30	3,2	0,5	200

After setting and hardening for 1 day, the samples were decomposed and placed in a normal hardening chamber. The results of measurements of electrical resistivity are shown in Figure 2. The composition with:

- 15% carbon black on the 7th day of normal hardening had an electrical resistivity of 24.6 ohms * m, on the 28th - 153.1 ohms * m;
- with 30% carbon black, these parameters were 42.6 ohms* m and 38 ohms * m, respectively.

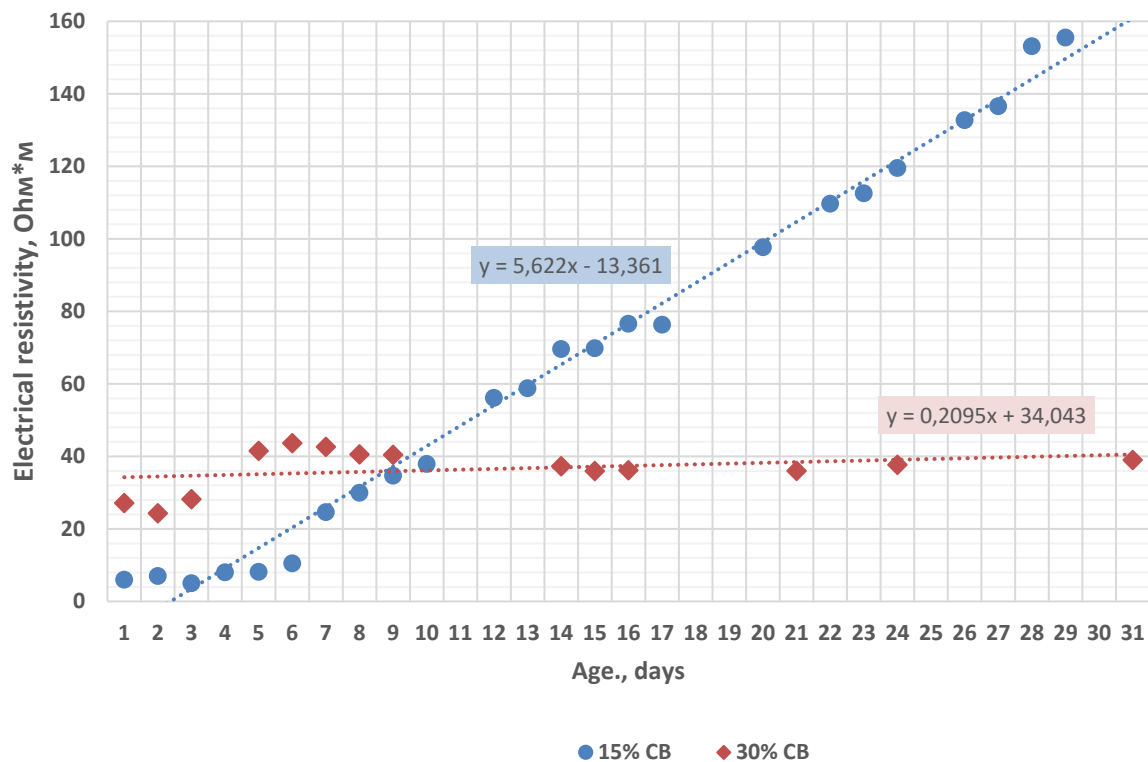


Fig. 2. Change in the electrical resistivity of samples during curing.

The coefficient value for the argument of the approximating direct dependence of the electrical resistivity on the hardening period was 5.62 for a composition with 15% carbon black and 0.21 for a composition with 30% carbon black. At the same time, the resistance of the sample with 30% carbon black in 1-10 days of hardening exceeded the resistance value for the sample with 15% carbon black. The results obtained can be explained by the presence of more ions of soluble minerals of Portland cement clinker, as well as a more significant change in their content for a composition with a smaller amount of carbon black. It is logical to assume that the change in electrical resistivity may be associated with the process of hydration of Portland cement (Figure 3).

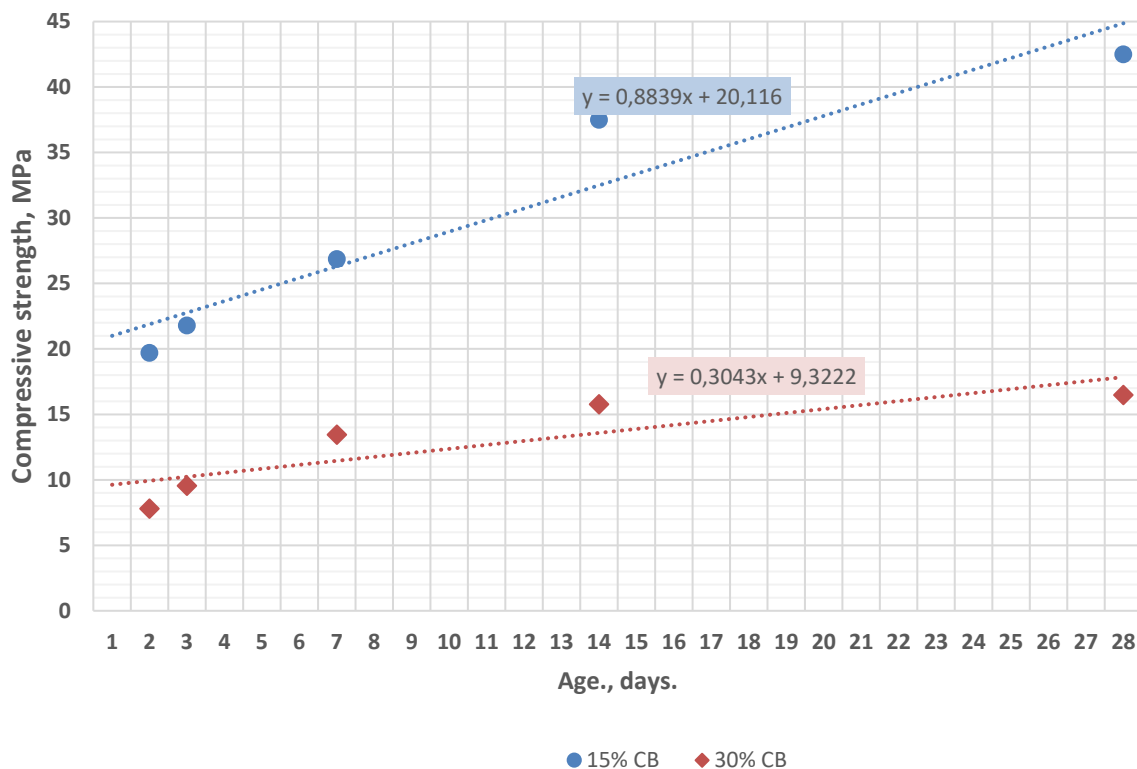


Fig. 3. Dynamics of hydration.

The strength for the composition with 15% carbon black was 26.8 MPa on day 7, 42.5 MPa on day 28. The composition with 30% carbon black on day 7 showed a strength of 13.5 MPa, on day 28 – 16.5 MPa.

CONCLUSION

Compositions of a composite binder with increased electrical conductivity based on Portland cement, carbon black in the amount of 15 and 30%, as well as a powdered superplasticizer were obtained. The introduction of carbon black in combination with an increased amount of plasticizer makes it possible to obtain an artificial stone material based on Portland cement with increased electrical conductivity.

The influence of the hardening time of the material under normal conditions on the value of the electrical resistivity has been studied. For a composition containing 15% carbon black, the electrical resistivity was lower at the age of 1-10 days of hardening than for a composition with 30% carbon black, which can be explained by the large number of ions of soluble components of Portland cement, due to the greater amount of binder in the composition. At the same time, in the future, the sample with 30% carbon black did not undergo a significant change in resistance, while the resistance of the sample with 15% carbon black increased by more than 3 times.

Analysis of the dynamics of the strength set of samples showed a significant increase in strength for samples of the composition with 15% carbon black, which is quite natural, due to a larger amount of binder, a smaller amount of plasticizer. The increase in strength from 7 to 14 days in samples of the composition with 30% carbon black was insignificant.

Based on the data obtained, conclusions can be drawn about the effect of the hydration process on the change in the electrical resistivity of the conductive stone, which can be explained by a decrease in the amount of free water in the samples. At the same time, the issue of the influence of changes in the structure of cement stone during the hardening process on the chains of the conductive component requires additional study.

REFERENCES

1. Fedyuk R.S., Kuzmin D.E., Batarshin V.O., etc. Electrically conductive concrete for special structures. Safety of the Construction Fund of Russia. Problems and solutions. – 2017. – No. 1. – pp. 51-57.
2. Terekhin I.A., Kremlev I.A., Kondratiev Yu.V. et al. Model representation of dry concrete reinforced concrete foundation of a contact network as an electrical conductor. Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2015. – No. 3. – pp. 88-92.
3. Titova T.S., Satsuk T.P., Terekhin I.A., Tarabin I.V. Assessment of electrical safety conditions when using contact network supports as natural earthing devices. Electrical Engineering. - 2021. – No. 2. – pp. 7-11.
4. Agunov A.V., Terekhin I.A., Baranov I.A. Analysis of the use of electrically conductive concrete in the electric power industry. Transport systems and technologies. – 2021. – Vol. 7. – No. 2. – pp. 5-15.
5. Samchenko, S. V. Formation and genesis of the cement stone structure. S. V. Samchenko. – 2nd edition. – Moscow : National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2020. – 288 p. – ISBN 978-5-7264-2808-6. – EDN KCBIBU.
6. Urkhanova, L. A., Buyantuev S. L., Urkhanova A. A., Lhasaranov S. A., Ardashova G. R., Fedyukr. S., Svintsov A. P., Ivanov I. A. Mechanical and electrical properties of concrete modified with carbon nanoparticles. Civil Engineering magazine. 2019. No8 (92). pp. 163-172. DOI: 10.18720/MCE. 92.1
7. Recommendations for the preparation of an electrically conductive solution: approved. Gosstroy of the USSR Order of the Red Banner of Labor Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) 10.01.1983-Moscow.1983.-9s.8.
8. Gao D., Sturm M., Mo Y.L., Electrical resistance of carbon-nanofiber concrete. Smart material construction, № 20, pp. 101-112, 2011
9. Wu J., Liu J., Yang F., Three-phase composite conductive concrete for pavement deicing. Construction building materials, № 75. pp. 129-135, 2015.
10. Grishkina, E. V., Tabagua, G. R., Tamov, M. M. Electrical conductivity and piezoresistive properties of cement stone with the addition of carbon nanotubes. IVD. 2019. No. 6
11. Yakubov V.S., Shchegolkov A.V. Self-regulating electric heater based on elastomer modified with multilayer carbon nanotubes. Vestnik VGUIT. 2018. Vol. 80. No. 3. pp. 341-345.12. Ilhwan Y., Doo-Yeol Y., Soonho K., Electrical and self-sensing properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete with carbon nanotubes. Transportation Research Record, vol. 2551, № 1 pp. 10-27, 2016.
12. Venkatraman K., Tamizharasan V., Electrically conductive concrete. Construction and building materials, № 4, pp. 136-147, 2015.
13. Galao O., Banon L., Carmona J., Highly conductive carbon fiber reinforced concrete for icing prevention and curing. Construction and building materials, № 52. pp. 137-145, 2016
14. Gomis J., Galao O., Gomis V., Zornoza P., Self-heating and deicing conductive cement. Construction building materials, № 75. pp. 442-449, 2015.
15. Yu X., Kwon E., Carbon Nanotube Based Self-sensing Concrete for Pavement Structural Health Monitoring. Cement and concrete composites, № 54. pp. 110-116, 2014
16. Sircar A. K. Effect of carbon-black particle-size distribution on electrical-conductivity / A. K. Sircar, T. G. Lamond. Rubber Chem. Technol. 1978. Vol. 51. P. 126.
17. Voet A. Investigation of carbon chains in rubber vulcanizates by means of dynamic electrical conductivity. A.Voet, F. R. Cook. Rubber Chem. Technol. 1968. Vol. 41. P. 1207.
18. Boonstra B. Performance of Carbon Blacks - Influence of Surface Roughness and Porosity / B. B. Boonstra, E. M. Dannenberg. Industrial and Engineering Chemistry. 1955. Vol. 47. P. 339.
19. Medalia A. I. Electrical conduction in carbon black composites. A. I. Medalia // Rubber Chemical Technology. 1986. Vol. 59. P. 432.
20. Verhelst W. F. The role of morphology and structure of carbon blacks in the electrical conductance of vulcanizates. W.F. Verhelst [et al.]. Rubber Chemical Technology. 1977. V. 50. P. 735.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ И ЦИНКА В КАЧЕСТВЕ УПРОЧНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. Ю. Частова¹, Д. А. Леонова²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

В рамках настоящей работы рассмотрено влияние соединений алюминия и цинка на прочностные свойства строительных материалов. Данные материалы проверяем на прочность, пластичность, стойкость к коррозии. Определили, что добавки соединений алюминия и цинка способствуют улучшению прочностных характеристик строительных материалов.

Ключевые слова

Гидрозолевые соединения, нанотрубки, углеродные нанотрубки, наноалюмосиликаты, галлуазит, порообразователь, газообразователь, эксгаляция.

ВВЕДЕНИЕ

В современном индустриальном мире, развитие науки и техники, появление новых промышленных отраслей увеличивают требования к строительным материалам. На сегодняшний день, необходимо, чтобы они были твердыми, прочными, пластичными, износостойкими, стойкими к коррозии и морозостойкими.

Существует необходимость изобретения эффективного теплоизоляционного сырья передового поколения, из-за растущих притязаний к теплозащите помещений от температурных воздействий, ветра, влаги, шума, радиации и т.п., наращиванию удобства строений и быстрым ростом цен на энерготеплоносители.

Релаксация внутренних напряжений, образующихся вследствие влияния изнутри и извне, является одной из главных особенностей строительных материалов. В критериях растущего числа переходов через ноль и увеличенной влажности, стало необходимо исследование качества строительных материалов, имеющих большую прочность и антимикробное воздействие. Тем более важны эти свойства при строительстве высотных домов, с подземной многоуровневой стоянкой.

МЕТОДЫ

Для уменьшения коррозии, можно применить метод наращивания плотности стройматериалов, и, вследствие чего, произвести увеличение прочности на сжатие. Увеличения прочности можно достичь после прибавления конкретных компонентов или же преобразующих добавок в раствор цемента. В качестве такой модифицирующей добавки в работе воспользовались гидрозолевым соединением $Al_2O_3 Zn O$ [1].

Табл. 1. Прочность сжатия обычного образца.

№ Эталонного образца	Возраст в днях	Условия твердения	Масса, г	Прочность, МПа	Средняя $R_{сж}$, МПа
1	2	н/у2	19,5	16,1	18,9
2	2	н/у2	18,4	18,6	
3	2	н/у2	17,4	19,2	

Табл. 2. Прочность сжатия усовершенствованного образца.

№ Образца, модифицированного гидрозоле	Возраст в днях	Условия твердения	Масса, г	Прочность, МПа	Средняя Rсж, МПа
1	2	н/у	578	22,6	23,2
2	2	н/у	578	22,8	
3	2	н/у	578	23,7	

Из табл. 1,2 видно, что благодаря добавке, прочность образцов увеличилась прочнее на 23%.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Были проведены испытания на противомикробную активность. Они проводились в неотапливаемой подземной галерее, уходящей на 5 метров под землю, которая используется для приема и перемещения инертных материалов. Модифицированный гидрозоле бетон был использован в качестве добавки при реконструкции этой галереи. За 2 года эксплуатации, плесень и грибок не появились.



Рис. 1. Изменение состояния бетона за 2 года
а) не модифицированного гидрозоле
б) модифицированного гидрозоле.

Это означает, что изучаемая нами система - добавка улучшает надежность и сопротивление агрессивным факторам.

Для увеличения механических характеристик композитов используются такие укрепленные материалы, как нанотрубки, во многом благодаря способности нанотрубок к трансформации. Способность увеличивать прочность и модуль упругости цементного камня присуща углеродным нанотрубкам.

В наше время, нашли применение наноалюмосиликаты, предназначенные для той же цели, что и УНТ - укреплять. Аллюмосиликатные нанотрубки добываются из галлуазита. В его составе находится гидросиликат алюминия $Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot nH_2O$, так же как и калонит.

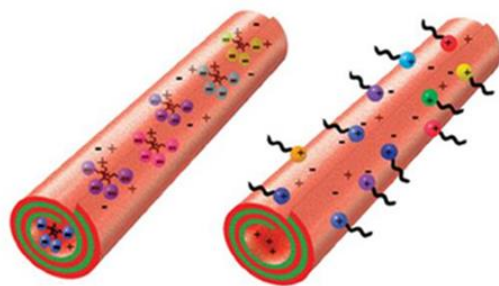


Рис. 2. Химические свойства поверхностей галлазитовых нанотрубок

Существуют композиционные материалы современного поколения $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrB}_2$ с добавлением 30% карбида кремния[2]. Показания рентгенофазового анализа выявили, что при прессовании композитов $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrB}_2(\text{SiC})$, огнем, первоначальный фазовый состав сохраняется. Твердость и вязкость линейно растут с наращиванием температуры огня при прессовании. Подходящее сочетание механических качеств зарекомендовал состав $80\text{Al}_2\text{O}_3 - 20\text{ZrB}_2(\text{SiC})$, его твердость и вязкость разрушения составили 19.1 ГПа и 5,5 МПа*м^{1/2} соответственно. Значимое ветвление трещины по границам зерен $\text{ZrB}_2(\text{SiC})$ и, следовательно, уменьшение принадлежащей ей энергии, показал тест устройств упрочнения. Это практически останавливает трескание и наращивает вязкость разрушения композита в целом (рис. 3).

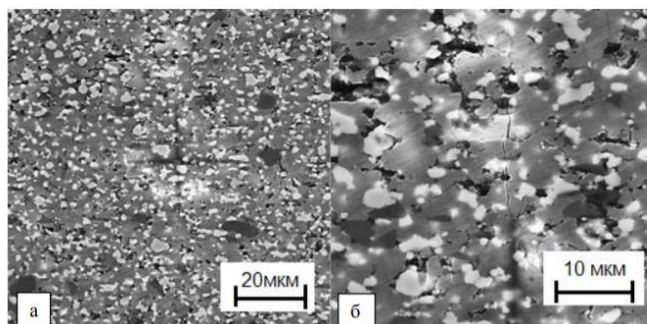


Рис. 3. Типичные изображения структуры композита $80\text{Al}_2\text{O}_3 - 20\text{ZrB}_2(\text{SiC})$ шлиф – отпечаток пирамиды Викарса (а), характер движения трещины из угла отпечатка (б).

Пеногазобетон состоит из полидисперсных пор и не подвержен ни осадочным, ни усадочным деформациям. [4]. Чтобы получить такой пеногазобетон, необходимо выполнить обязательное условие, то есть применить звенья, которые будут работать в совокупной системе друг с другом.

А как добиться этого условия? Для ответа на поставленный вопрос создана структура всеохватывающего порообразователя. Для его пенообразования применялся «Пеностром», выделяющийся низкой ценой и устойчивыми чертами. Газ вырабатывается активированным нанодисперсным алюминием пастообразным (2Б-НДГ), который убран в каркас полиэтиленгликоля. Тест всевозможных компаний, производящих газовыработатели, обнаружил, что обычно используемые для добычи газобетонов порообразователи, владеют скачкообразным выделением газа, из-за чего образуются рваные поры в ПЗБ. Нанодисперсный алюминий отличается от них размеренным и долгим ходом реакции без существенно выделенных экстремумов (рис. 4).

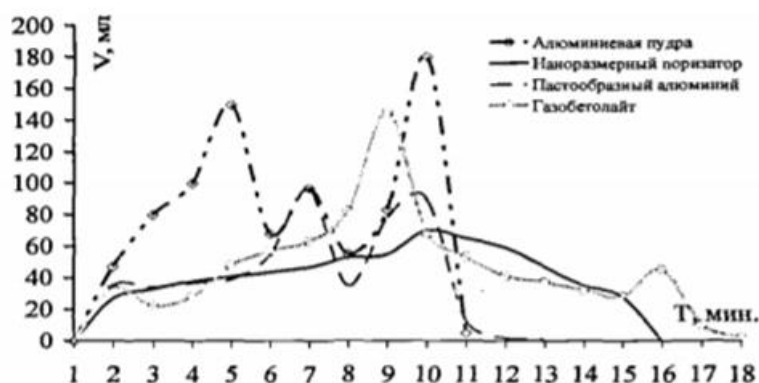


Рис. 4. Кинетика газовыделения поризующих веществ различного типа

В случае классических газообразователей, доминируют частицы конкретных размеров, и НДГ отличается полидисперсностью агрегатов алюминия, поэтому за 15 минут газообразователь 2D-НДГ выделил газ более стабильно (рис. 5).

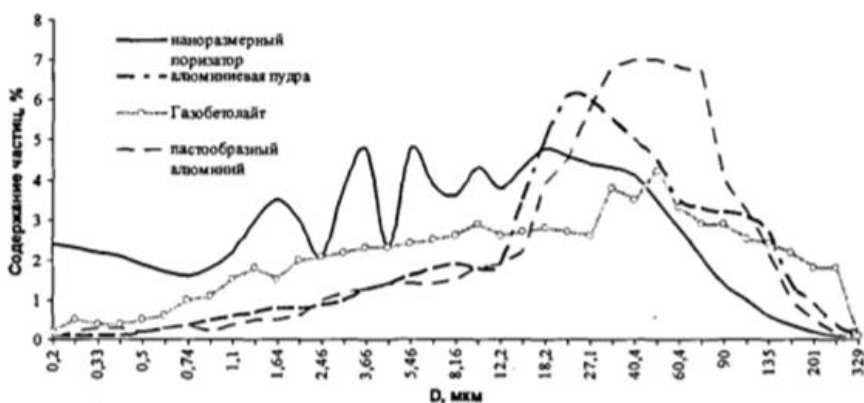


Рис. 5. Распределение частиц по размерам гаообразователях

ВЫВОДЫ

Таким образом, модифицирование строительных материалов соединениями алюминия и цинка позволяют нам создать инновационные материалы и на их основе могут возводить концепты домов будущего, в которых уровень комфорта жизнедеятельности будет на голову выше современных домов. Добавки заполняют пустоты, отсюда плотность увеличивается.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарю научного руководителя старшего преподавателя Дануту Амброжьевну Леонову за оказанную помощь в подготовке к докладу и рекомендациям для постижения основ исследовательской работы студента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марченко И. Н. Синтез и коллоидно-химические свойства гидрозолей бемита и смешанных дисперсий $AlOOH-ZnO$: дис. ... канд. тех. наук: 02.00.11 / Баранов Иван Николаевич; Москва. гос. ун-т. - РХТУ имени Д. И. Менделеева., 2017. – 95 с.
2. Грикова, А.А. Композиционные материалы нового поколения $Al_2O_3-ZRB_2$ с добавлением 30% карбида кремния [Электронный ресурс] - Томск: НИУ ТПУ, 2017. – Режим доступа: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/43722/1/conference_tpu-2017-C39_p40-41.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

3. Бухало А.Б. Теплоизоляционный неавтоклавный пенагозобетон с нанодисперсными модификаторами: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 / Бухало Анна Борисовна; Белгород. гос. ун-т. - БГТУ им. В.Г. Шухова., 2010. – 177 с.
4. Панфилова М.И. Наномодифицированные цементно-бentonитовые композиты / М.И. Панфилова, Н.И. Зубрев, Д.А. Леонова и др. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.- 2015.- №5(27) -С.95-98.
5. Панфилова М. И. Физико-химические свойства вспененных глиноцементных систем: дис... канд. хим. наук. Тверь, 2004. 23 с.
6. Панфилова М. И., Фомина М. В. Вопросы повышения прочностных характеристик с применением инъекционных растворов // Инновационные технологии в строительстве и подготовке отраслевых инженерных кадров. Смоленск, 2011. С. 314.

Секция 2. НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПОНТОНАХ

В. В. Захаров¹, Н. Г. Серегин²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

В данной статье рассмотрены плавающие дома (дома на воде), проектируемые на понтонах. Их виды и различия, конструктивные особенности, преимущества и недостатки, приведено сравнение с более привычными объектами недвижимости. Так же рассмотрена законодательная сторона вопроса и юридические особенности, а также примерные цены и вопросы актуальности подобных сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что водная поверхность занимает около 70% площади земного шара, поэтому идея строительства домов на воде представляется вполне логичной. На сегодняшний день, в строительстве существует целое направление, которое занимается сооружением жилых домов на воде. Благодаря удобству, низкой стоимости и мобильности, эта идея стала привлекательной не только для любителей отдыха и жизни на природе, но и для туристических компаний.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Плавающие дома обычно несамоходные и установлены на массивных понтонных конструкциях, выполненных из бетона или стали. Для перемещения таких домов чаще всего используют буксиры. Внешне они больше похожи на обычные дома, чем на лодки.

Хаусботы, в отличие от плавающих домов, являются самоходными и обладают практически судовой мобильностью, сочетая в себе комфорт коттеджа и функциональность судна. Они изготавливаются из стали, алюминия или, более редко, пластика. Внешне они больше похожи на яхты, чем на дома.

Понтон — это несамоходное плавучее сооружение, предназначенное для поддержания на воде тяжестей, таких как краны, копры и другие конструкции, а также используется как опора для понтонных мостов.

Историческая справка

Хаусботы были изобретены в США в 1905 году, а к 1930 году уже было более 2000 таких домов. Благодаря наличию множества озер в США, отрасль туризма начала развиваться, и вместе с ней появились и хаусботы. Впоследствии появились плавучие отели, магазины и даже банки.

В Европе плавдома вначале представляли собой понтоны с надстройкой для проживания. Их появление обусловлено различными причинами: в некоторых случаях были высокие налоги на землю, в других – недостаток или дороговизна земли в крупных городах. В разных странах Европы появились целые поселки хаусботов, такие как в Англии, Франции, Нидерландах и Германии. Наиболее красивые дома на воде расположены на каналах Амстердама, а наиболее современные – в Германии.

В России из-за определенных особенностей климата история хаусботов не так продолжительна. Она начала развиваться только в XXI веке. Сначала в Россию ввозились

хаусботы, произведенные в основном в США, но затем начали появляться и отечественные производства. В октябре 2012 года было объявлено о спуске на воду первого в России произведенного хаусбота на верфи в Саратове.

Классификация зданий

Здания, которые находятся на воде, могут быть различных типов и назначений. В основном, это развлекательные здания, такие как ночные клубы, мини-отели, дома отдыха и другие. Но сейчас все чаще начали возведение жилых зданий на воде. Они могут быть различными по своему назначению и характеристикам:

На воде, как правило, возведены развлекательные объекты, такие как ночные клубы, мини-отели и дома отдыха. Но в последнее время стали появляться жилые дома, которые могут отличаться по следующим параметрам:

1. Построены для круглогодичного или сезонного проживания;
2. Могут быть мобильными или стационарными;
3. Могут располагаться как вне границ населенного пункта, так и внутри него;
4. Могут быть установлены на судовом основании, понтоне или сваях.

Типология зданий

Хаусботы представляют собой тип зданий на воде, который может быть однокорпусным или многокорпусным (чаще всего это катамараны и тримараны). В зависимости от наличия двигателя, хаусботы могут быть самоходными или несамоходными. Для перемещения хаусбота могут использоваться различные типы двигателей, такие как подвесные и стационарные, а также бензиновые и дизельные. Хаусботы спроектированы для плавания по рекам, озерам, морским заливам и лиманам, при условии, что волны не превышают 1,2 м, а ветер не превышает 15 м/с. Средняя возможность автономного хода хаусбота составляет от 3 до 14 дней.

Конструкционные особенности

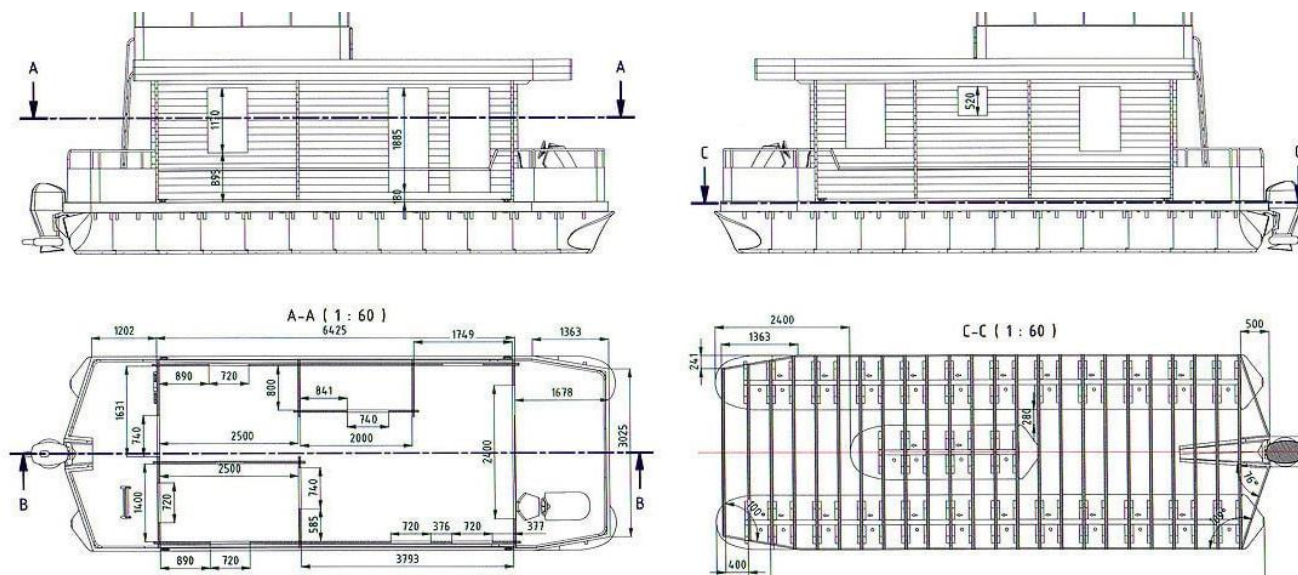


Рис. 1.

Конструкционные особенности хаусботов зависят от их назначения и бюджета. В основном они состоят из плавучего основания и надстройки. Плавучее основание может быть выполнено из пластиковых модулей в эконом-варианте или из алюминия и судовой стали в более дорогом исполнении, если планируется использование в ледовых условиях.

Форма корпуса обычно бывает монокорпусной, похожей на лодку, или катамаранной. В корпусе устанавливаются двигатели, топливные баки и инженерные системы, а их тип зависит от требуемого уровня комфорта. Например, в эконом-варианте могут использоваться подвесные лодочные моторы, а в более дорогих вариантах — стационарные двигатели.

Жилые надстройки, как правило, делают каркасными с утеплением и последующей отделкой фанерой или другими листовыми материалами. В зависимости от бюджета могут использоваться различные материалы для отделки и обивки мебели внутри хаусбота.

При возведении зданий на воде, также, как и на суше, необходимо выбрать подходящие технологии и материалы. Для понтонов, на которых возводится постройка, используются различные строительные материалы, включая стальные конструкции, железобетонное сырье и пластик, комбинированный со стеклом. Выбор материала зависит от размеров конструкции, особенностей эксплуатации и специфики строительства.

Технологии возведения здания

При соединении строительных материалов необходимо обеспечить повышенную прочность и минимизировать возможные вибрации и движения поверхностей. Внутренние помещения должны быть компактными, но вместительными, а конструкция - крепкой и надежной. Для этого могут использоваться дополнительные крепежи и усиления.

Организация коммуникаций в плавучем доме.

Для водоснабжения можно использовать насосные системы, которые позволяют забирать воду из озера или реки и поднимать ее на нужный уровень для использования в доме. Для подогрева воды можно установить бойлер, работающий на газе или электричестве. Также можно использовать солнечные батареи для получения энергии для подсветки и работы электроприборов. Важно учитывать, что все инженерные системы должны быть надежными и безопасными для использования на воде.

Для обеспечения коммуникаций в плавучем доме можно использовать различное оборудование и системы, в том числе:

1. электрогенераторы для электроснабжения;
2. газовые или электрические конвекторы для обогрева помещений;
3. емкости с топливом для обеспечения работы генераторов и конвекторов;
4. канализационные септики для утилизации отходов и сбора воды от бытовых приборов и сантехники.

Преимущества дома на воде

1. Экономически выгодно, так как не требуется строительство фундамента и аренда земли. Стоимость понтона и жилой части сравнима со стоимостью небольшого коттеджа, и дом можно пристыковать в любом месте.
2. Мобильность - можно менять пейзаж, двигаясь вокруг озера или по реке, используя подвесные моторы и электрогидравлическую систему управления.
3. Комфортабельность - жилая надстройка может быть спроектирована по индивидуальному заказу и содержать все необходимое для современной жизни: кухонную технику, аудио- и видеосистемы, удобную мебель, санузел с душем и сауной.
4. Безопасность - дом установлен на понтонах из полиэтиленовых модулей, обеспечивающих хорошую плавучесть и минимизирующих возможность крена. Герметичные переборки обеспечивают непотопляемость.
5. Экологически чисто - строительство не требует рубки леса и перекопки газонов для прокладки коммуникаций, а материалы, используемые для конструкции, натуральны и не наносят вреда окружающей среде.

6. Устойчивость к погодным условиям - наши плавучие дома спроектированы так, чтобы не разрушаться льдом, что позволяет жить на них даже при замерзании акватории.

Недостатки плавучих домов

1. Дополнительные расходы. Пользование хаусботом связано с затратами на топливо, обслуживание и эксплуатацию. Это может стать значительной финансовой нагрузкой для владельца.
2. Безопасность. Из соображений безопасности необходимо обеспечить охрану плавучего дома. В городской черте размещение хаусбота затруднительно из-за отсутствия должной инфраструктуры.
3. Доступ к коммуникациям. Для жизнеобеспечения хаусбота необходим доступ к наземной электрической станции, а для выхода на берег – к оборудованному пирсу. Это ограничивает передвижения владельца плавучего дома.
4. Ограниченность инфраструктуры. Не во всех местах есть возможность обеспечить плавучему дому доступ к необходимой инфраструктуре, такой как государственные и коммерческие услуги, медицинское обслуживание, образование и т.д.
5. Ограниченность места. В отличие от обычных домов, размеры плавучих домов ограничены. Это может создать неудобства при размещении большой семьи или группы друзей.

Законодательная сторона

В целом, законодательство в России относительно плавучего жилья находится в стадии развития, и владельцам хаусботов приходится сталкиваться с рядом проблем и ограничений. Однако, в некоторых регионах России уже созданы специальные порты и марины для стоянки и обслуживания плавучих домов, а также принимаются законодательные акты, регулирующие правовой статус таких объектов. Кроме того, плавучие дома могут быть зарегистрированы как суда и получить соответствующий статус, что позволяет владельцам облегчить процесс оформления и получения разрешений на использование такого жилья.

Также важно учитывать, что законодательство по плавучему жилью может отличаться в разных регионах России, поэтому приобретая хаусбот, необходимо узнавать местные правила и требования. Например, в Санкт-Петербурге существует программа по выдаче разрешений на строительство плавучих домов на определенных территориях, в то время как в других регионах такая программа может отсутствовать. В любом случае, приобретение плавучего жилья требует внимательного изучения законодательства и юридической поддержки.

Юридические особенности плавучего жилья.

Кроме того, владельцы плавучих домов должны соблюдать нормы безопасности на воде и соблюдать правила судоходства. Они обязаны иметь соответствующие спасательные средства, оборудование и огнетушители на борту. Также необходимо следить за состоянием корпуса и двигателя судна, проводить технический осмотр и поддерживать его в хорошем состоянии. В целом, владение плавучим жильем требует дополнительной ответственности и заботы, но может стать привлекательным вариантом для людей, которые хотят жить на воде и наслаждаться плаванием.

Перспективы плавучих зданий

Плавучие дома могут стать перспективным направлением жилищного строительства в будущем. Они могут стать решением для людей, которые ищут уединение и спокойствие, желающих наслаждаться красотами природы и видами на воду. Также плавучие дома могут стать интересным вариантом для туристических компаний, предоставляющих услуги проживания на воде. Вместе с тем, использование таких зданий в качестве жилых домов

может снизить давление на земельные ресурсы и решить проблему нехватки жилой площади в городах. В целом, перспективы плавучих домов на воде выглядят перспективными, но требуют серьезного и продуманного подхода при их строительстве и эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, строительство домов на воде представляет собой перспективное направление развития недвижимости, которое может решить проблему нехватки земли для жилищного строительства. Более того, такие дома могут быть экологически чистыми и энергоэффективными, если использовать современные технологии и материалы. Однако, при строительстве таких домов необходимо учитывать особенности плавучих конструкций и соблюдать все санитарные и экологические нормы. В будущем, с учетом увеличения численности населения и нехватки земли для строительства, плавающая недвижимость может стать всё более востребованной и популярной формой жилья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубинов А.В, Ткачев В.Я. Малые моторные яхты для больших плаваний 3-е издание. – М: «МОРКНИГА», 2020.- 109 с.
2. Трифонов А.В. Голландские плавучие дома. Жизнь на воде. — М.:ТРАНСЛИТ, 2011. — 60 с.
3. Малоэтажная страна [Сайт] / Выставка домов - Электрон.дан. – К., 2023. – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/dom-na-pontone/>, свободный. - Загл. с экрана.
4. YellowHome [Сайт] / YellowHome - Электрон.дан. – Б.м., 2023. – Режим доступа: <https://yellowhome.ru/>, свободный. - Загл. с экрана.
5. Houseboat [Сайт] / Houseboat - Электрон.дан. – Б.м., 2023. – Режим доступа: <https://houseboat.ru/>, свободный. - Загл. с экрана.
6. Здания высоких технологий [Сайт] / Проектирование инженерных систем - Электрон.дан. – Б.м., 2023. – Режим доступа: <http://zvt.abok.ru/issues/>, свободный. - Загл. с экрана.
7. LSC [Сайт] / Baltic group - Электрон.дан. – Б.м., 2023. – Режим доступа: <http://mettem-lsc.ru/>, свободный. - Загл. с экрана.
8. ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗА [Сайт] / Главное управление государственной экспертизы - Электрон.дан. – Б.м., 2023. – Режим доступа: <https://www.gge.ru/>, свободный. - Загл. с экрана.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАДИУСА КОРРЕЛЯЦИИ ПО ГЛУБИНЕ ПРИ ОЦЕНКЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.

А. А. Лапина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
studentmgsu2019@mail.ru

Аннотация

Предмет исследования. Данные статического зондирования. Исследование грунтов строительной площадки влияет на устойчивость и долговечность здания в течение всего срока эксплуатации.

Цели. Провести статистический анализ радиуса корреляции грунтов по глубине.

Материалы и методы. В процессе исследования была применена методика по оценке распределения модуля деформации грунтов по глубине на основе данных статического зондирования с помощью статистического анализа радиуса корреляции, с применением программно-вычислительного комплекса Matlab.

Результаты. Подобрали вид корреляционной функции для каждой глубины, с помощью которой определили радиус корреляции случайно функции. Подтвердили независимость результатов испытания искажен на различной глубине.

Выводы. Полученные независимые результаты испытания показывают минимальное расстояние, на котором значения не коррелируют. Данный анализ в дальнейшем приведет к строительству надежного фундамента.

ВВЕДЕНИЕ

Главную роль по устойчивости и долговечности здания несет его надежное основание. Фундамент обеспечивает передачу нагрузок от веса конструкции на грунтовое основание. В строительных конструкциях со временем появляются дополнительные усилия и перемещения за счет различных нагрузок на постройку, которые в основном возникают из-за неравномерных деформаций. Для того, чтобы основание обеспечило нормальную эксплуатацию сооружению или зданию в течение всего срока службы, необходимо подготовиться к возведению фундамента, в том месте, где запланировано строительство.

Со временем при постепенной постройке зданий или сооружений на строительный объект действует ещё больше нагрузок, что увеличивает осадку основания. Поэтому актуальным является анализ радиуса корреляции по глубине. Радиус корреляции оценивают одновременно с изучением распределения основных характеристик изменений грунтов на базе данных статического зондирования. Это как раз и помогает получить довольно точные значения прогнозируемых осадок.

В данной работе будет разработана методика по оценке распределения модуля деформации грунтов по глубине на основе данных статического зондирования с помощью статистического анализа радиуса корреляции, с применением программно-вычислительного комплекса Matlab.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В книге «Теория вероятностей и математическая статистика» В.Е. Гмурман рассмотрена случайная функция, которая понадобилась в корреляционном анализе. В книгах М.С. Захаров «Инженерно-геологические и инженерно геотехнические изыскания» и Н.А. Цытович «Механика грунтов» рассказано об основах зондирования грунта и получения данных о модуле деформации. В книгах «Прикладные методы анализа статистических

данных” Е.Р. Горяинова, А.Р. Панков, Е.Н. Платонов и “Математическая статистика” А.А. Боровков рассказано о применении метода параметров для подбора вида корреляционной функции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В наше время, с помощью статического зондирования решают вопросы неоднородной геологической площадки. Зонд представляет собой устройство, включающее «штангу» (металлический стержень) и «конус» - специальный конусный наконечник, который закреплен на конце этой штанги. [1]

Этой установкой и получили модуль деформации. Данные взяты из таблицы на глубине 2120 мм – 5240 мм с шагом 260 мм. [2]

Применили корреляционный анализ для того, чтобы получить независимые оценки основной характеристики изменения грунта. [3] Это способствовало получению информации о точках бурения, которые необходимо расположить на плане с расстоянием не меньшим, чем радиус корреляции. А по графику автокорреляционной функции определили нужный радиус корреляции, подразумевающий минимальное расстояние между сечениями случайной функции, где связь между сечениями отсутствует, а коэффициент корреляции равен нулю. [4]

Для вычисления минимального расстояния между осью абсцисс и первого нулевого значения автокорреляционной функции был применен метод параметров. [5]

Корреляционную функцию подобрали из часто встречающихся формул на практике. [6] И на основе полученного вида записи случайной функции вычислили радиус корреляции. Соответствующий каждой глубине точек измерения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Посредством разработанной методики были обработаны данные, которые подтвердили независимость результатов испытания скважин на различной глубине. В связи с вычислением радиуса корреляции была решена оптимизационная задача, при которой подобрали наиболее соответствующий вид случайной функции двумерного поля.

Табл. 1. Результат исследования

	Глубина, мм	Вид корреляционной функции	Радиус корреляции	Коэффициент детерминации
1	2120	$e^{(-0,08* x)} * (1 + 0,08 * x)$	25	0,3876
2	2380	$e^{(-0,022* x)}$	45,455	0,5986
3	2640	$e^{(-0,021* x)}$	47,619	0,766
4	2900	$e^{(-0,02548* x)}$	39,25	0,7896
5	3160	$e^{(-0,079* x)} * (1 + 0,079 * x)$	25,32	0,1175
6	3420	$e^{(-0,022* x)}$	45,455	0,5525
7	3680	$e^{(-0,0212* x)}$	47,17	0,8034
8	3940	$e^{(-0,0568* x)} * (1 + 0,0568 * x)$	35,21	0,03097
9	4200	$e^{(-0,0233* x)}$	42,92	0,6303
10	4460	$e^{(-0,0232* x)}$	43,1	0,6498
11	4720	$e^{(-0,02274* x)}$	43,98	0,5581
12	4980	$e^{(-0,02748* x)}$	36,39	0,2484
13	5240	$e^{(-0,03001* x)}$	33,32	0,9536

ВЫВОДЫ

Таким образом, было определено минимальное расстояние, на котором значения не коррелируют. Данный анализ в дальнейшем приведет к строительству надежного фундамента.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.С. Захаров Инженерно-геологические и инженерно геотехнические изыскания: Учебное пособие. // СПб, 2014. – 103 с.
2. Данные статического зондирования грунта. [Электронный ресурс] URL: <http://140.112.12.21/issmge/tc304.htm>
3. Н.А. Цытович Механика грунтов: Полный курс // Ленанд, 2014. – 640 с.
4. А.А. Боровков Математическая статистика: Учебник // СПб.: Лань, 2010. – 704 с.
5. Е.Р. Горяинова, А.Р. Панков, Е.Н. Платонов. Прикладные методы анализа статистических данных: Учебное пособие // ИД ГУ ВШЭ, 2012. – 310 с.
6. В.Е. Гмурман Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для прикладного бакалавриата // Люберцы: Юрайт, 2016. – 479 с.

ОБ УЧЕТЕ РИСКОВ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В РАСЧЕТАХ НЕСУЩИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Р. Рагузина¹, А. В. Алексейцев²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ reteritet@gmail.com

² aalexw@mail.ru

Аннотация

Научно-технический прогресс способствует возникновению техногенных аварий, которые приводят к различного рода повреждениям строительных конструкций и к последующему прогрессирующему разрушению. Следовательно, очень важно учитывать риски таких аварийных ситуаций и закладывать их в расчёт строительных конструкций. В современных реалиях увеличивается вероятность появления угроз, которые раньше не учитывались вовсе, что существенно затрудняет применение нормативных документов для расчетов несущих строительных конструкций на живучесть. В этой статье рассматривается обеспечение механической безопасности выбранной конструкции при воздействии, не предусмотренном нормальными условиями эксплуатации. Приведены итоги сопоставительного анализа различных методов расчетного анализа нагруженной конструктивной системы, а также полученных результатов такого риск-ориентированного расчета на внезапный отказ одного из несущих элементов. Выявлено, что данная методика расчета позволяет достаточно точно определить риск и может быть использована при решении задач безопасности строительных конструкций.

ВВЕДЕНИЕ

В наше время активно наращиваются темпы строительства, поэтому природные и техногенные воздействия на здания и сооружения только возрастают. Особую роль в этом играет проблема обеспечения безопасности строительных объектов, это отражается в ФЗ №384: «механическая безопасность- состояние строительных конструкций и основания здания или сооружения, при котором отсутствует недопустимый риск...». Различные риски учитываются при оценке безопасности конструктивных элементов зданий и сооружений, которые фигурируют в расчетах на живучесть, т.е. устойчивость к прогрессирующему обрушению. Проблема строительных норм и правил сейчас заключается в то, что они описывают достаточно малый перечень угроз, которые могут воздействовать на здание: климатические, сейсмические, а в современных реалиях увеличивается рост угроз, которые раньше не учитывались вовсе, например, различного рода взрывы или детонации. Основные причины ограниченного применения положений норм:

- первой проблемой расчётных методов, содержащиеся в нормах, является то, что события с низкой вероятностью не учитываются. При использовании вероятностных методов это упрощение является необходимым, но в случае «неживучих» конструктивных систем такие упрощения становятся недопустимыми;
- второй проблемой является то, что вероятностный подход в рамках применяемых положений теории надежности требует нормирования допустимых (приемлемых) вероятностей обрушения. Очень сложно назначить допустимые вероятности обрушения при прогрессирующем разрушении.

В этой статье рассматривается обеспечение механической безопасности выбранной конструкции при воздействии, не предусмотренном нормальными условиями эксплуатации. Приведены итоги сопоставительного анализа различных методов расчетного анализа нагруженной конструктивной системы, а также полученных результатов такого риск-ориентированного расчета на внезапный отказ одного из несущих элементов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Многие исследователи в настоящее время разрабатывают научные основы и развивают методы расчета железобетонных конструкций при аварийных воздействиях [1-4]. Однако важен не только расчет или отказ какой-то конструкции, но и последствия этого отказа [5-7], ущерб, который он нанесет. В этом направлении также ведутся научные работы. Часто результаты расчета на аварийные нагрузки ведут к увеличению в разы стоимости конструкций, что потребовало какой-то рационализации и эффективности предлагаемых методик [8-11]. Аварийные ситуации в строительстве, риски, надежность конструкций исследуются во всем мире.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Риск определяется как вероятность отказа конструкции с последствиями определенного уровня за определенный период эксплуатации. В аналитическом виде выражается следующим образом [1]:

$$R(t) = C_y \cdot P(t), \quad (1)$$

где C_y - суммарный ущерб, возникающий при отказе конструкций;
 $P(t)$ – вероятность отказа конструкции.

Для связи риска с коэффициентом запаса, перейдем к понятию относительного риска, т.к. обе эти величины являются безразмерными. Величину относительного риска можно получить с помощью соотнесения риска к стоимости неповрежденной конструкции [2]:

$$r = \frac{C_y \cdot P(t)}{R_0}, \quad (2)$$

где R_0 – начальная стоимость неповрежденного элемента.

Для учета величины относительного риска может быть использовано следующее условие обеспечения безопасности конструктивных систем:

$$\left(\frac{|F|}{F_{ult}} + r \right) \leq 1, \quad (3)$$

где F – это внутреннее усилие, возникающее в элементе конструкции; F_{ult} – предельное значение F , воспринимаемое элементом без разрушения.

Для изгибаемых железобетонных элементов неравенство (3), в соответствии с условиями прочности, предъявленными СП 63.13330 принимает вид двух уравнений:

$$\left(\frac{|M|}{M_{ult}} + r \right) \leq 1, \quad (4)$$

Постановка задачи: произведем расчет продольного армирования железобетонной многопролётной балки с пролётом $l=6$ м и с нагрузкой интенсивностью $q=10$ кН/м², постоянной жёсткости по длине EJ , класс бетона В30, класс продольной арматуры А500 без предварительного напряжения, эксплуатируемой в нормальных условиях и при внезапном выключении средней опоры из работы. Для данной балки сечением 20x50 см и диаметр рабочей арматуры 12 мм $M_{ult}=47,57$ кН*м.

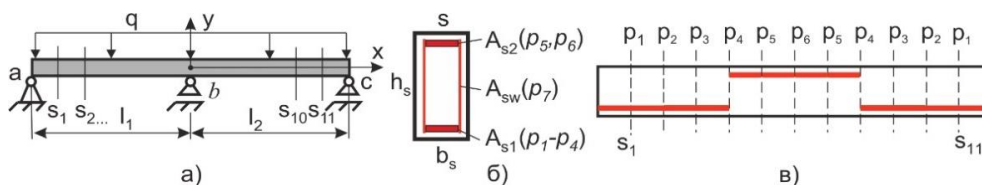


Рис. 1. Расчётная схема балки (а), расположение арматуры в поперечных сечениях s_1 - s_{11} (б) и по длине балки (в)

Согласно СП 385.1325800.2018 и [2] расчет на прогрессирующее обрушению нужно проводить квазистатическим или динамическим методом. При этом расчет должен включать в себя первичную (нормальная эксплуатация) и вторичную схемы (с выключенным горизонтальным или вертикальным элементом).

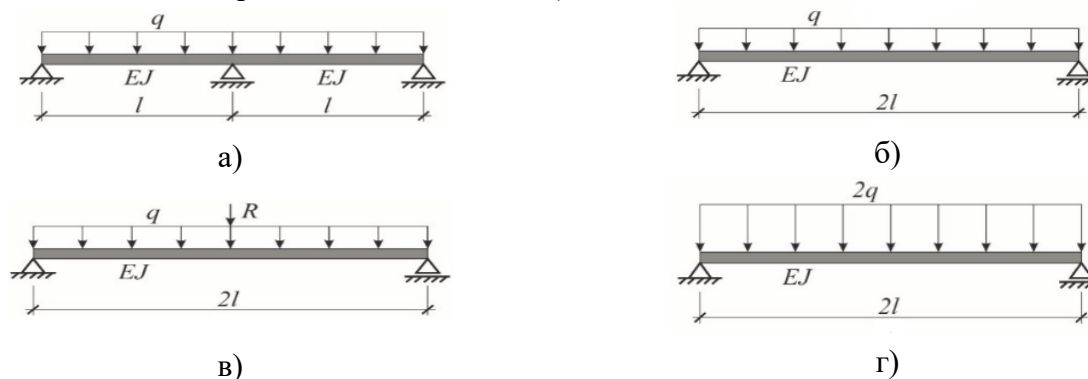


Рис.2. Расчетные схемы балки: а) для статического расчета при нормальной эксплуатации балки; б) для статического расчета при выключении средней опоры; в) для квазистатического расчета на мгновенное выключение средней опоры с реакцией отброшенной связи с обратным знаком; г) для квазистатического расчета на мгновенное выключение средней опоры с умножением нагрузки на коэффициент динамичности $k_d = 2$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Произведем оценку усилий в данной балке, рассматривая 4 случая: а) нормальная эксплуатация (рис. 1, а), б) статический расчет при внезапном выключении опоры (рис. 1, б), в) квазистатический метод в линейной постановке с моделированием динамического эффекта реакцией отброшенной связи, приложенной с обратным знаком (рис. 1, в), согласно [7] г) квазистатический метод в линейной постановке с моделированием динамического эффекта путем умножения нагрузки на коэффициент динамичности $k_d = 2$ (рис. 1, г), следуя [8].

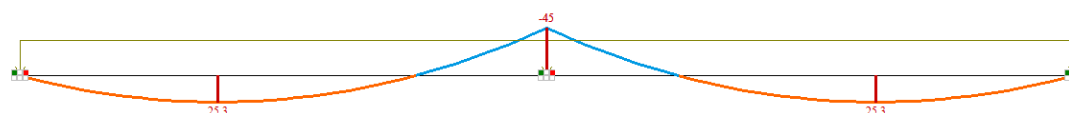


Рис.3. Эпюра изгибающих моментов балки при нормальной эксплуатации

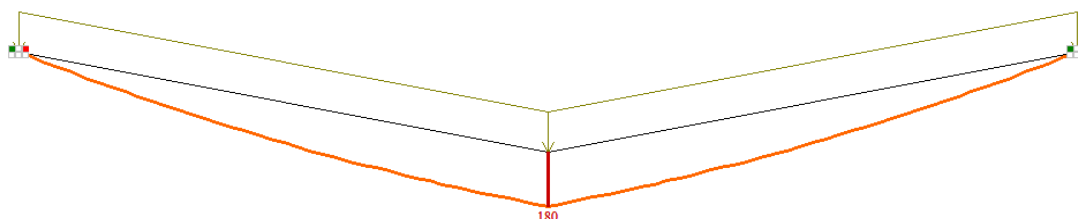


Рис.4. Эпюра изгибающих моментов балки при выключении средней опоры без учета живучести

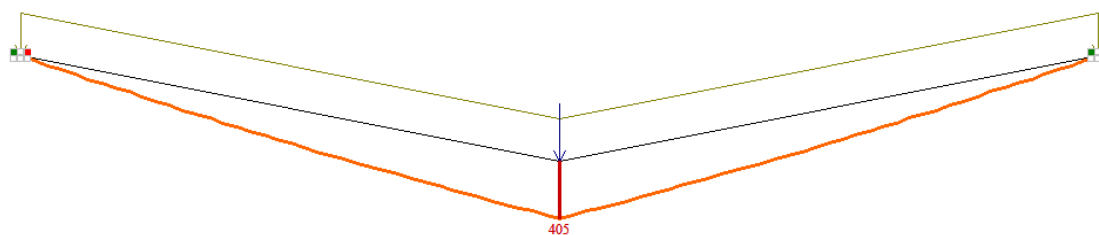


Рис.5. Эпюра изгибающих моментов при выключении средней опоры при квазистатическом расчёте

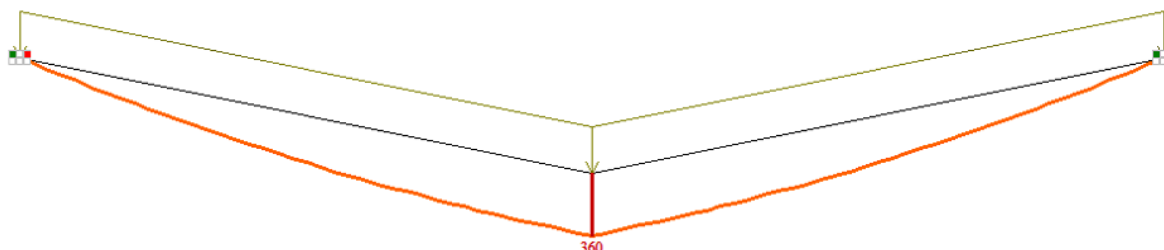


Рис.6. Эпюра изгибающих моментов при выключении средней опоры при квазистатическом расчёте с использованием коэффициента динамичности

Если при расчёте на живучесть не использовать квазистатический или динамический метод, то момент в опасном сечении (рис.4, рис.5, рис.6) может отличаться почти в 2 раза, что может сказаться на подборе арматуры и привести к риску прогрессирующего разрушения. Анализ данных из программного комплекса ЛИРА-САПР показывает, что метод квазистатического расчёта, при котором динамический эффект моделируется приложением реакции отброшенной связи с обратным знаком (вариант 1), даёт значение изгибающего момента в опасном сечении на 12,5% больше, чем метод, при котором моделирование динамического эффекта умножением нагрузки на коэффициент динамичности $k_d = 2$ (вариант 2). Посчитаем коэффициент запаса прочности для двух методов квазистатического расчёта:

$$k_3 = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\sigma}, \quad (5)$$

где $\sigma_{\text{пред}}$ - это напряжения, при которых появляются признаки разрушения; σ - это наибольшее напряжение, возникающее в конструкции. Для 1 варианта квазистатического расчёта $k_3 = 1,33$, для второго $k_3 = 1,52$. Армирование, подобранное только с учетом нормальной эксплуатации балки, не подходит для случая мгновенного выключения опоры. Примем новое армирование:

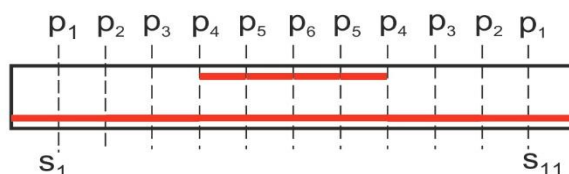


Рис.6. Новое расположение арматуры в балке

В случае нормальной эксплуатации без рисков $M \leq M_{ult}$, в случае учета риска аварийной ситуации формула (4) имеет вид $M \leq M_{ult}(1 - r)$, где r может находиться по формуле (2). Отсюда следует, что подбор арматуры нужно производить только после вычисления относительного риска.

Для расчета относительного риска примем стоимость балки 10.000 р. Вероятность отказа балок P может быть найдена через средние значения и среднеквадратичные отклонения учитываемых параметров [4]. Допустим, что мы получили следующие статистические данные от завода-изготовителя: $R_{s,n} = 500$ Мпа; $S(R_s) = 25$ Мпа; $R_{b,n} = 22$ Мпа;

$S(R_b) = 1,6$ МПа; $h_0 = 0,40$ м; $S(h_0) = 0,005$ м, а из опыта проектирования известно, что: $S(g) = 0,03 \cdot g_n$; $S(v) = 0,06 \cdot v_n$; $S(l) = 0,002 \cdot l$. Произведем расчёт для двух вариаций квазистатического метода: 1- динамический эффект моделируется приложением реакции отброшенной связи с обратным знаком, 2- динамический эффект моделируется путём умножения нагрузки на коэффициент динамичности $k_d = 2$. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Табл. 1. Результаты расчёта

Результат расчета	Вариант 1	Вариант 2
C_y/R_0	575	575
r	0,1938	0,1938
$2P$	$3,37 \cdot 10^{-4}$	$3,37 \cdot 10^{-4}$
M (кН*м)	405	360
M_{ult} (кН*м)	502,35	446,54
A_s , см ²	14,84	11,28
Арматура	2Ø32 мм ($A_s=16,08$ см ²)	2 Ø28 мм ($A_s=12,32$ см ²)

ВЫВОД

При решении данной задачи были использованы две вариации квазистатического метода расчёта, по результатам можно сказать, что вариант с коэффициентом динамичности $k_d = 2$ более экономичный, что отвечает современным запросам на оптимизацию строительства, также у такого метода больше коэффициент запаса, что может повлиять на надёжность конструкции с течением времени. Данная методика позволяет достаточно точно определить существующий риск. Рекомендуется использовать этот подход при решении задач обеспечения безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гениев Г.А., Колчунов В.И., Ключева Н.В., Никулин А.И., Пятикрестовский К.П. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях. М.: Изд-во АСВ, 2004. 216 с.
2. Alekseytsev A.V., Gaile L., Drukis P. Optimization of steel beam structures for frame buildings subject to their safety requirements Magazine of Civil Engineering. 2019. № 7 (91). С. 3-15.
3. Колчунов В.И., Моргунов М.В., Кожаринова Л.В., Прасолов Н.О. К вопросу алгоритмизации задачи расчета живучести железобетонных конструкций при потере устойчивости // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 52-54.
4. Алексейцев А.В., Антонов М.Д. Динамика безбалочных железобетонных каркасов сооружений при повреждении плит продавливанием Строительство и реконструкция. 2021. № 4 (96). С. 23-34.
5. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надёжности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. No 1. С. 5–18.
6. Савин С.Ю., Колчунов В.В., Федорова Н.В. Несущая способность железобетонных внецентренно сжатых элементов каркасов зданий при коррозионных повреждениях в условиях особых воздействий // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. No 1. С. 46–54.
7. Люблинский В.А. О кручении несущих систем многоэтажных зданий // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. No 1. С. 37–45.
8. Алексейцев А.В. Поиск рациональных параметров строительных конструкций на основе многокритериальной эволюционной оптимизации. Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 18-22.
9. Галютдинов З.Р. Исследование железобетонных балок на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении // Железобетонные конструкции. 2023. Т.1. No 1. С. 28–36.
10. Alekseytsev A., Kurchenko N. Topology design of plane bar systems based on polygonal discretization. Magazine of Civil Engineering. 2022. № 7 (115). С. 11508.
11. Шапошникова Ю.А., Кузнецов В.С. Выбор поперечных стержней в железобетонных балках при обеспечении минимального расхода арматуры // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. No 2. С. 65–76.

ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ДВУСКАТНОЙ СТРОПИЛЬНОЙ БАЛКИ

Т. С. Куницкая¹, А. В. Алексейцев²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ tan.kunitskaia@mail.ru

Аннотация

Предметом исследования являются современные методы оптимизации железобетонных стержневых конструкций по критерию экономичности с учетом удовлетворительных показательной надежности и прочности.

Целью работы является разработка методов оптимизации усиления железобетонных конструкций и определение наиболее экономически выгодной системы усиления железобетонных элементов, работающих на изгиб, различными материалами.

Был проведен сравнительный анализ методов оптимизации усиления железобетонных стержневых конструкций применяемых в инженерных задачах, изучены строительные материалы, применяемые для усиления несущих конструкций и выбраны наиболее популярные, выполнен расчет в программном комплексе SCAD Office для двускатной железобетонной балки по серии ПК-01-06 вып. 16. Расчет выполнялся для модели, к которой приложены все действующие на конструкцию нагрузки. К модели с повреждениями применяются различные способы усиления, производится анализ полученных результатов и делается вывод. Данный подход можно применять при экономическом обосновании использования систем усиления конструкции.

ВВЕДЕНИЕ

Железобетонные конструкции в настоящее время являются востребованными и широко применяются в строительстве благодаря большой эффективности проектных решений. В ходе эксплуатации зданий и сооружений их элементы воспринимают большие нагрузки не только внешние, но и от собственного веса друг друга, поэтому усиление конструкции является важной составляющей строительного процесса, которая позволяет увеличить прочность здания или сооружения.

Практическая значимость заключается в возможности использования полученных результатов при выборе наиболее экономически эффективной системы усиления при расчете изгибаемых железобетонных элементов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вопросы проектирования рационального усиления несущих конструкций очень актуальны в исследованиях конструкций [1-4]. При этом используется внешнее композитное армирование [1, 5, 8] меняются жесткостные характеристики опорных конструкций [6, 7], рассматриваются частные задачи оптимизации [9-11]. Настоящая статья посвящается вариантному проектированию балки усиленной внешними композитами по критерию прогиба. Такой критерий был взят на основе анализа работы [12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим 12-метровую железобетонную балку (Рис. 1), на которую действует распределенная нагрузка $q = 200$ кН/м. При расчете балки без систем усиления получаем недопустимое значение прогиба 58,4 мм, так как максимальное значение должно составлять по нормам не более $L/250$, где $L = 12$ м – длина пролета, следовательно, прогиб f не более 48 мм.

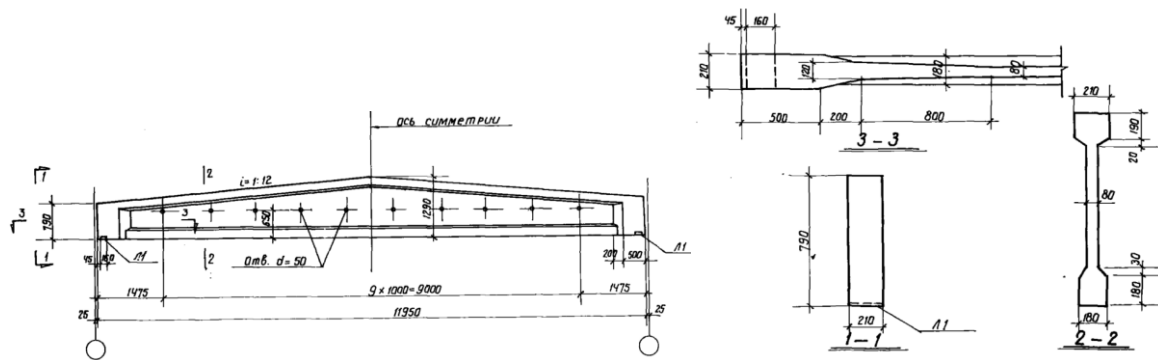


Рис. 1. Двускатная 12-метровая железобетонная балка

В первом случае рассматриваем усиление системой ламелей CarbonWrap® (Рис. 2). Предусматривается вертикальные ламели из CarbonWrap® Tape 530/300 – 1 слой и горизонтальные ламели HS-14/100, количество которых варьировалось.

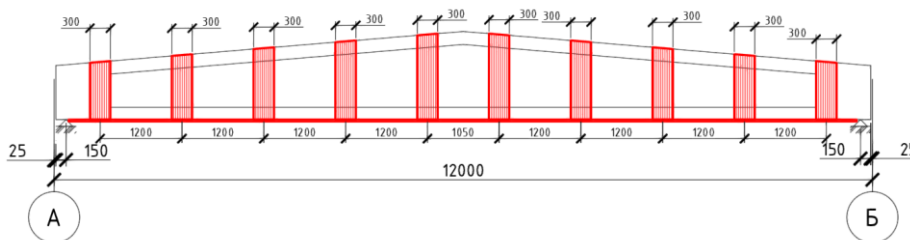


Рис. 2 Схема железобетонной балки, рассматриваемая при оптимизации

Во втором случае рассмотрено 6 схем усиления балки наклонными и прямыми уголками по ГОСТ 8509-93 изготовленными из стали С245 и вспомогательными конструктивными элементами-фасонками и соединительными планками (Рис. 3).

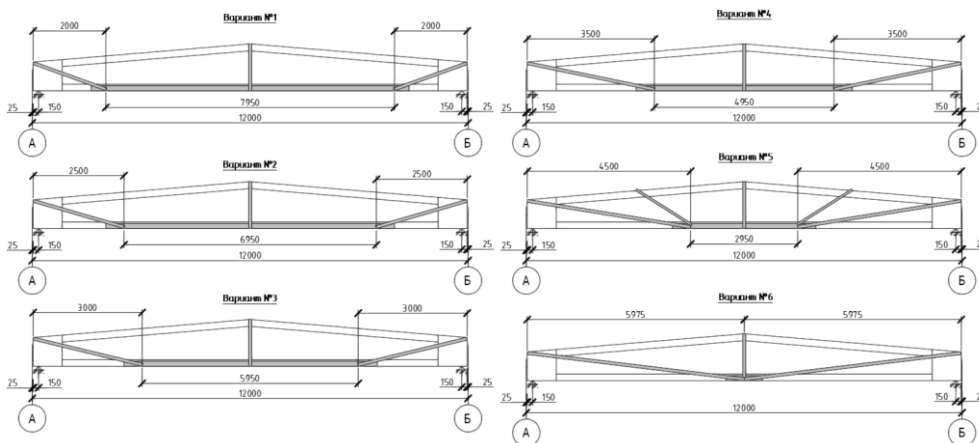


Рис. 3. Варианты расположения элементов для оптимизации способа усиления

Рассмотрен и традиционный способ усиления – усиление путем увеличения сечения (Рис. 4). Увеличение сечения происходит путем устройства дополнительной внешней арматуры и ее омоноличиванием. Устанавливать дополнительную арматуру необходимо при условии частичного или полного разгрузки балки. Дополнительные арматурные стержни приваривают к существующей рабочей арматуре в нескольких промежуточных точках через прокладки для обеспечения равномерного распределения напряжений в работающем элементе.

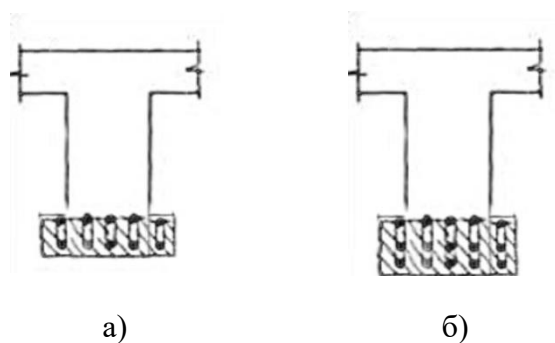


Рис. 4 Сечение железобетонной балки до усиления (а), сечение железобетонной балки после усиления (б)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для расчета используем программный комплекс SCAD Office. При расчете балки без систем усиления получаем недопустимое значение прогиба 58,4 мм, так как максимальное значение должно составлять по нормам не более $L/250$, где $L = 12$ м – длина пролета, следовательно, прогиб f не более 48 мм.

После расчета системы, усиленной ламелями CarbonWrap® был составлен график по результатам итераций (Рис. 5).

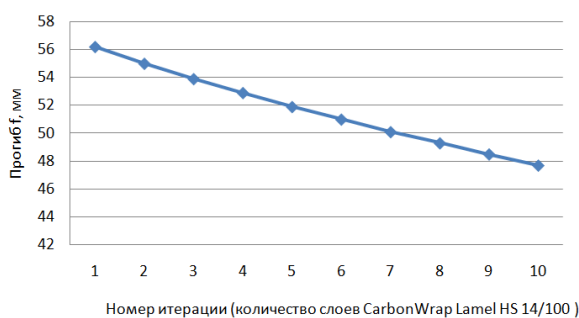
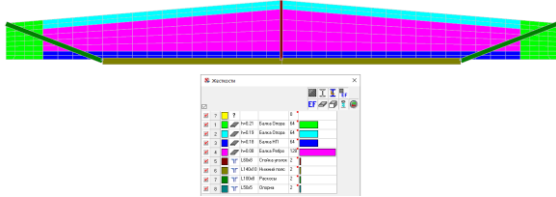
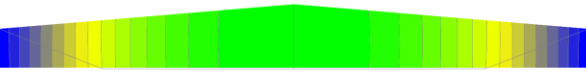
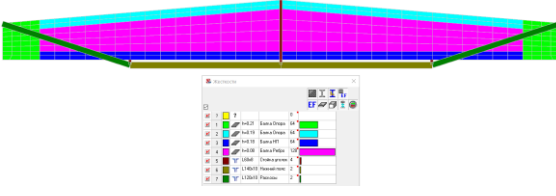

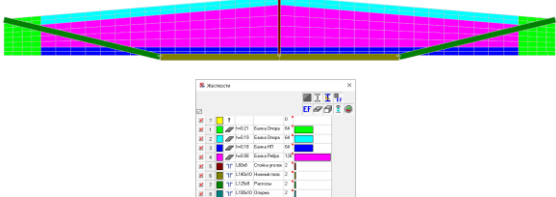

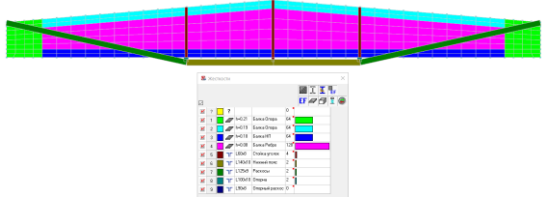
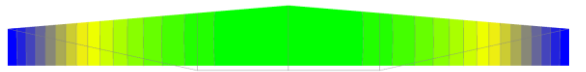
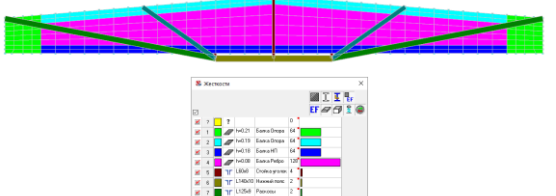
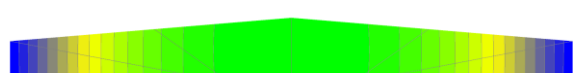
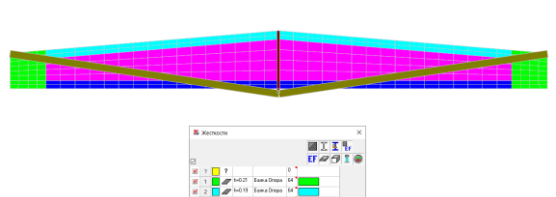



Рис. 5. График зависимости величины прогиба от количества слоев CarbonWrap Lamel HS 14/100

Сравним результаты расчетов системы усиленной наружной обвязкой сталепрокатными изделиями (Табл. 1).

Табл. 1. Сравнительная таблица прогибов

	Значение прогиба
<p>1.</p> 	 <p>44,1 мм</p>
<p>2.</p> 	 <p>42,5 мм</p>
<p>3.</p> 	 <p>47,6 мм</p>
<p>4.</p> 	 <p>47,2 мм</p>
<p>5.</p> 	 <p>48,7 мм</p>
<p>6.</p> 	 <p>52,7 мм</p>

Для каждого варианта усиления была определена его стоимость (Табл. 2).

Табл. 2. Сметная стоимость системы усиления

№		Требуемые материалы	Стоимость за ед.	Требуется	Прогиб
1	CarbonWrap	CarbonWrap Lamel HS 14/100	8 722,80 руб./пог.м	120 м	47,2 мм
		CarbonWrap Tape 530/300	3 365,60 руб./пог.м	24 м	
	Итого		1 127 510,40 руб.		100 670,57 руб./мм
2	Шпренгельная система	Угол горячекатаный равнополочный 60x8 ГОСТ 8509-93	348,89 руб./пог.м	10,32 м	47,2 мм
		Угол горячекатаный равнополочный 120x10 ГОСТ 8509-93	1 311,60 руб./пог.м	2,4 м	
		Угол горячекатаный равнополочный 140x10 ГОСТ 8509-93	2 567,03 руб./пог.м	15,4 м	
	Итого		43 713.62 руб.		3 903,00 руб./мм
3	Наращивание сечения	Бетон В25	1 3830,00 руб./м ³	0,3 м ³	47,2 мм
		Арматура d40 А500С	551,00 руб./пог.м	48 м	
	Итого		27 831,00 руб.		2 484,91 руб./мм

ВЫВОДЫ

Проведен анализ систем усиления двускатной стропильной железобетонной балки, работающей на изгиб. По результатам расчетов был определен экономически наиболее выгодный вариант усиления – способ наращивания сечения. Полученные результаты можно применять при выборе наиболее экономически эффективной системы усиления при расчете изгибаемых железобетонных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симаков О.А. Анализ факторов, вызывающих необходимость усиления железобетонных конструкций. Строительство и реконструкция. 2019. № 1 (81). С. 76-84.
2. Алексейцев А.В. Оптимальный структурно-параметрический синтез систем усиления металлических ферм Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 2. С. 37-46.
3. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 5–18.
4. Алексейцев А.В., Домарова Е.В. Выбор рациональных параметров и топологии преднапряженных стальных рамных конструкций. Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 9. С. 52-56.

5. Симаков О.А. Применение в качестве внешнего армирования железобетонных элементов тканых сеток из углеродных волокон. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 3 (381). С. 57-61.
6. Галаяутдинов З.Р. Исследование железобетонных балок на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении // Железобетонные конструкции. 2023. Т.1. No 1. С. 28–36.
7. Алексейцев А.В., Курченко Н.С., Сазонова С.А. Динамика фиброжелезобетонной плиты на податливых опорах при переменной по площади импульсной нагрузке. Строительство и реконструкция. 2022. № 5 (103). С. 23-33.
8. Грановский А.В., Джамуев Б.К., Симаков О.А. Применение композитных материалов в качестве систем внешнего армирования для усиления каменных конструкций. Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 48-53.
9. Alekseytsev A.V., Al Ali Mohamad Optimization of bearing structures subject to mechanical safety: an evolutionary approach and software. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2022. Т. 18. № 2. С. 131-142.
10. 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
11. Шапошникова Ю.А., Кузнецов В.С. Выбор поперечных стержней в железобетонных балках при обеспечении минимального расхода арматуры // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. No 2. С. 65–76.
12. Маилян Д.Р., Георгиев С.В. К определению прогибов гибких внецентренно-сжатых железобетонных стоек, усиленных в поперечном направлении композитными материалами // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. No 2. С. 32–41.

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНЫХ НЕСОВЕРШЕНСТВ В ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ КОЛОННАХ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Д. В. Морозова¹, Н. С. Курченко²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ moroz_dk@mail.ru

Аннотация

Разработан подход к численному моделированию сжато изогнутых железобетонных колонн квадратного сечения с различными начальными несовершенствами при аварийном динамическом догружении вертикальной нагрузкой и изгибающим моментом. Целью работы являлось установление степени влияния начальных несовершенств различных типов на несущую способность железобетонной конструкции при особом воздействии, а также повышение механической безопасности зданий с железобетонным каркасом при аварийных ситуациях. Расчет выполнялся на основе неявной схемы интегрирования в программном комплексе *Femap with NX Nastran*. Начальные несовершенства задавались путем физического удаления и расшивки элементов, бетон моделировался гексаэдрическими элементами, деформирование которых реализовано в соответствии с моделью Друкера-Прагера. Была определена предельная несущая способность колонны при динамическом нагружении. Результаты показали, что наличие начальных несовершенств не оказывает большого воздействия на устойчивость железобетонных конструкций при запасе прочности в 10%. Но вследствие динамического нагружения такие несовершенства при меньших запасах прочности могут вызвать разрушение конструкции.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе возведения и эксплуатации зданий и сооружений на конструкции может оказываться воздействие различных внешних факторов, что приводит к увеличению числа аварий. Наличие начальных несовершенств, например, дефектов материалов или дефектов соединения арматурных стержней, может вызвать разрушение железобетонных конструкций при аварийных догружениях. Необходимо минимизировать риски разрушения железобетонных элементов.

Вопрос обеспечения устойчивости железобетонных конструкций актуален сейчас и будет актуален в будущем. Под устойчивостью понимают способность конструкции, и ее частей, сохранять первоначальную форму упругого равновесия при действии на нее нагрузки.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время все больше внимания уделяется исследованиям несущей способности конструкции с начальными несовершенствами, к которым относятся дефекты материалов, несоответствие размеров, неточность проектного положения одного из стержней рабочей арматуры в каркасе. Расчет производится при проектировании [1] или возведении здания [2], а также для уже выполненных проектов [3]. Все больше исследуется способность железобетонных элементов сопротивляться прогрессирующему разрушению. Так авторами были изучены вопросы, связанные с деформацией сжатых элементов и сжато-изогнутых конструкций [5], взаимодействие динамического догружения и нагрева [6], оптимизация с учетом аварийных воздействий [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим модель железобетонной колонны квадратного сечения с размерами $h = b = 40$ см, длина $l = 4$ м, $a = 30$ мм, материалы, шаг и диаметр арматуры остается неизменным в

процессе исследования (Рис. 1). Расчет выполним по неявной схеме интегрирования и предположим, что колонна является центрально нагруженной, величина сжимающей силы составляет 0,8 от силы, определяемой согласно СП 63.13330.2018. Запишем максимальное значение нагрузки, при которой произойдет потеря устойчивости конструкции. Зададим три возможных положения начальных несовершенств l_1, l_2, l_3 .

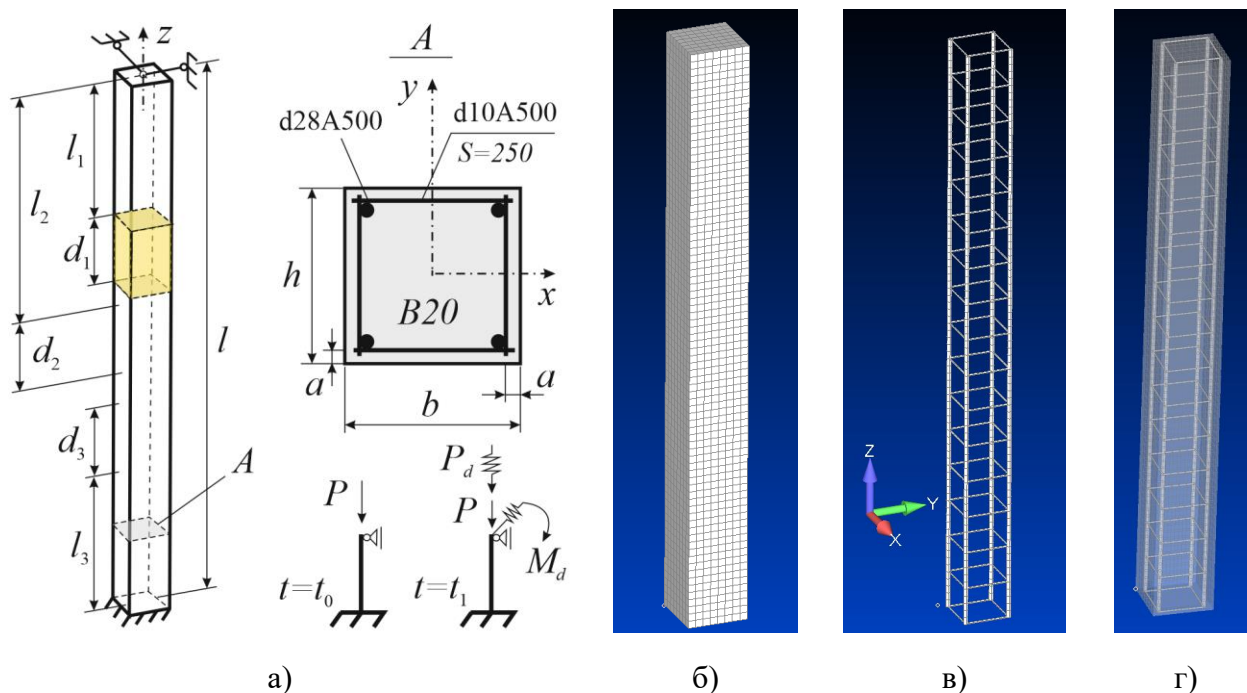


Рис. 1. Исходная система и ее нагружение (а); моделирование бетона и арматуры (б, в, г)

Динамическое догружение силой P_d и моментом M_d характерно для колонн рамных систем при удалении соседней колонны из расчетной схемы.

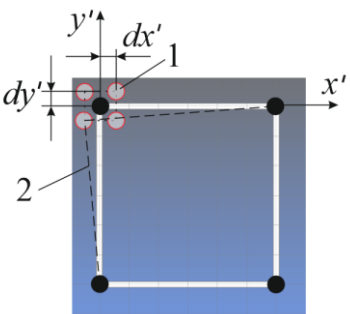
Деформирование бетона происходило по модели Друкера-Прагера. Модель была выполнена по требованиям СП 63.13330.2018 авторами работы [8].

Были рассмотрены следующие виды несовершенств:

- потеря сцепления рабочей арматуры с бетоном вследствие разрушения бетона колонны (ИМ_1)
- местное искривление стержня рабочей арматуры (ИМ_2) (Табл. 1).

Табл. 1. Характеристика начальных несовершенств

Вид	Расположение, мм	Размер, мм	Модель	Характеристика
1	2	3	4	5
ИМ_1	$l_1 = 1000$	$d_1 = 250,$ $d_1^* = 150$	<p>Фрагмент колонны</p>	$h_1 = 50$ мм, 1 – объемный КЭ бетона 2 – стержневые КЭ арматуры 3 – КЭ арматуры с расшивкой узлов 4 – удаленный КЭ бетона
	$l_2 = 1750$	$d_2 = 250$ $d_2^* = 150$		
	$l_3 = 1000$	$d_3 = 250$ $d_3^* = 150$		

1	2	3	4	5
IM_2	$l_1 = 1000$	$d_1 = 500$	 <p>Сечение колонны</p>	Расчетные случаи: $dx' = 25, dy' = 0;$ $dx' = 0, dy' = 25;$ $dx' = -25, dy' = 25;$
	$l_2 = 2000$	$d_2 = 500$		$dx' = 25, dy' = 0;$ $dx' = 0, dy' = 25;$ $dx' = -25, dy' = 25;$
	$l_3 = 500$	$d_3 = 500$		$dx' = 25, dy' = 0;$ $dx' = 0, dy' = 25;$ $dx' = -25, dy' = 25;$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для расчета используем программный комплекс *Femap with NX Nastran*. При расчете конструкции без учета начальных несовершенств разрушение колонны произошло по материалам, что связано с тем, что полученная начальная нагрузка не учитывала изгибающие моменты. Уменьшим значение силы и момента с шагом 50 кН для определения предельного значения нагрузки. В результате получим следующие значения, при которых прочность колонны будет обеспечена: $P = 1450$ кН, $M_{st} = 120,82$ кНм, $P_s = 194$ кН.

При динамическом догружении колонны в конструкции развиваются напряжения сжатия, равные расчетному сопротивлению, а напряжения в продольной и поперечной арматуре становятся равными пределу текучести, что соответствует стадии, предшествующей разрушению (Рис. 2). Будем рассматривать эту степень нагруженности постоянной для определения воздействия начальных несовершенств на устойчивость железобетонных конструкций.

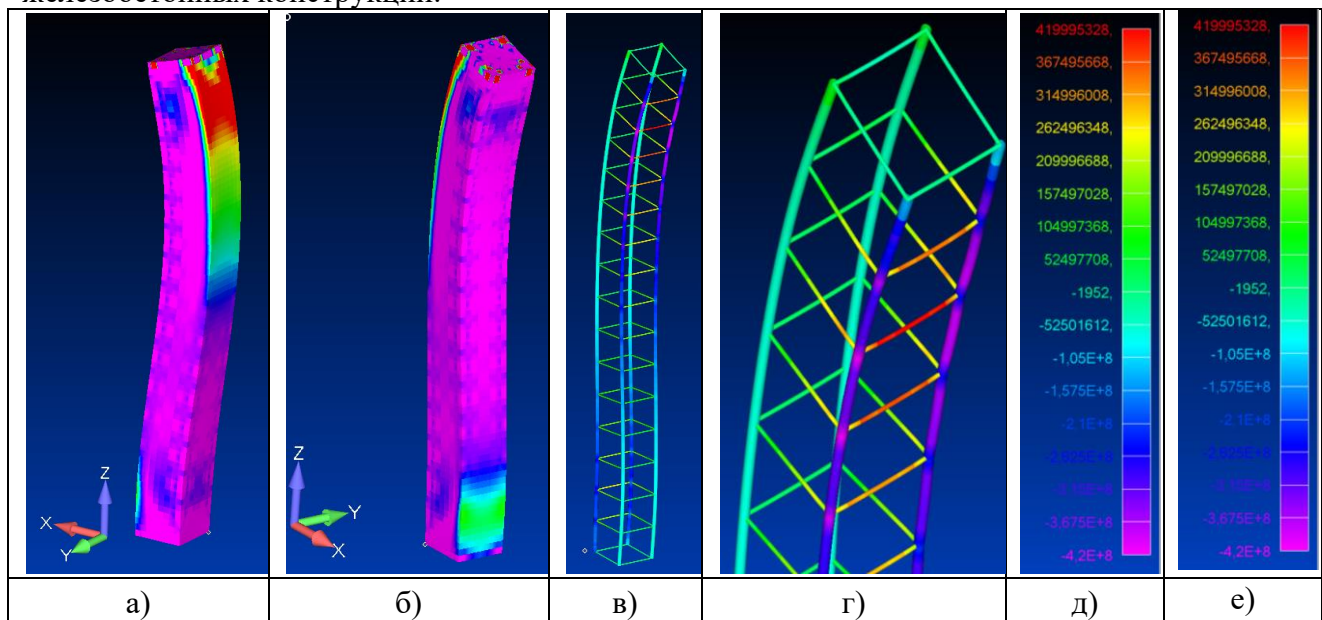


Рис. 2. Результаты расчета на динамическое догружение в момент времени 3,0 с: распределение нормальных напряжений σ_z в бетоне (а), (б), эквивалентных напряжений в арматурном каркасе (в); фрагмент этого каркаса (г), шкалы напряжений (Па) для арматуры (д) и для бетона (е)

Из рис. 2 видно, что роль поперечной арматуры значительно увеличивается при приложении нагрузок, превышающих расчетные. Поэтому необходимо правильно соединять стержни продольной и поперечной арматуры. Наилучший эффект достигается при армировании хомутами или стержнями, образующими замкнутый контур.

При расчете конструкций с начальными несовершенствами произошло разрушение конструкции. При этом нагрузка составляла $P = 1400$ кН, $M_{st} = 116,66$ кНм, $P_s = 202,8$ кН, что практически не отличается от варианта без учета начальных несовершенств.

Сравним результаты расчета колонн с учетом начальных несовершенств. Рассмотрим разрушение фрагмента бетонного тела колонны с потерей сцепления рабочей арматуры с бетоном (ИМ_1). При расположении l_1 в первом случае (без учета начальных несовершенств) происходит разрушение с образованием изменяемой системы, во втором же случае, с учетом начальных несовершенств, несущая способность обеспечена. Тем не менее, на участках l_2 и l_3 разрушение происходит в обоих случаях при $t = 1,524$ с и $t = 1,580$ с соответственно. Проанализируем локальное искривление стержня рабочей арматуры (ИМ_2). Аналогично ИМ_1 при расположении l_1 конструкция разрушится под действием нагрузки $P = 1450$ кН, $M_{st} = 120,82$ кНм в момент времени $t = 1,524$ с, во втором случае несущая способность обеспечена. Далее, независимо от расположения начальных несовершенств (l_1, l_2, l_3), результаты будут одинаковыми.

Таким образом, несущая способность элементов без несовершенств не сильно отличается от несущей способности элементов с начальными несовершенствами при запасе прочности в пределах 10%. Однако при меньших запасах прочности вследствие аварийного нагружения наличие начальных несовершенств может вызвать прогрессирующее разрушение.

ВЫВОДЫ

Разработан подход к численному моделированию центрально нагруженных железобетонных колонн квадратного сечения с учетом разных типов начальных несовершенств при нагружении колонн дополнительными вертикальной нагрузкой и изгибающим моментом. Определен уровень воздействия начальных несовершенств (разрушение бетона и искривления стержня арматуры) на устойчивость железобетонных элементов. Этот подход можно применять к железобетонным конструкциям зданий повышенного уровня ответственности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игошин В.Л., Лебедев В.В. Учет начальных несовершенств крена зданий на стадии проектирования // Жилищное строительство. 2010. № 1. С. 2-6.
2. Митасов В.М., Себешев В.Г., Астащенко Г.Г., Логунова М.А. К вопросу учета и уменьшения влияния начальных геометрических несовершенств при возведении многоэтажных каркасных зданий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 2 (638). С. 91-97.
3. Белостоцкий А.М., Дмитриев Д.С., Петряшев С.О., Нагибович Т.Е. Расчетная оценка влияния геометрических отклонений от проекта на параметры механической безопасности многоярусных промышленных металлоконструкций (этажерок) в рамках научно-технического сопровождения строительства // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2021. Т. 17. № 1. С. 19-29.
4. Алексейцев А.В. Анализ устойчивости колонны при горизонтальных ударных воздействиях // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. № 2. С. 3-12.
5. Мондрус В.Л., Смирнов В.А. Закрытое деформирование сжатой стойки со случайными несовершенствами // Научное обозрение. 2015. № 4. С. 113-118.

6. Алексейцев А.В., Курченко Н.С. Обзор методов и результатов экспериментальных исследований стальных и сталебетонных конструкций при особых воздействиях // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 3. С. 205-215.
7. Savin SY, Kolchunov VI. Dynamic behavior of reinforced concrete column under accidental impact // Int J Comput Civ Struct Eng. 2021;17(3):120–31.
8. Шапошникова Ю.А., Кузнецов В.С. Выбор поперечных стержней в железобетонных балках при обеспечении минимального расхода арматуры // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. No 2. С. 65–76.
9. Тамразян А.Г. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.
10. Alekseytsev A., Botagovsky M., Kurchenko N. Cost minimization for safety enhancing of timber beam structures in historical buildings В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 03002.
11. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. No 1. С. 5–18.
12. Люблинский В.А. О кручении несущих систем многоэтажных зданий // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. No 1. С. 37–45.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В. А. Будникова¹, А. В. Алексейцев²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ vasilissaanbu@gmail.com

Аннотация

Предмет исследования: в течение жизненного цикла объекта в связи с различными отклонениями, допущенными при изготовлении, монтаже и эксплуатации накапливается ошибка в расчетной схеме конструкции, которая в современных расчетах принята с неизменяемыми геометрическими и жесткостными характеристиками. Становится актуальным подход, в котором будут учтены данные изменения. В качестве примера рассмотрена шарнирно-опертый ригель таврового сечения.

Цели: выявить, как этапы жизненного цикла железобетонной конструкции влияют на ее расчетную схему. Предложить метод расчета конструкций, в котором будут учтены данные изменения.

Материалы и методы: изучение и обобщение, анализ, моделирование с применением ЛИРА-САПР-2016.

Результаты: при проектировании железобетонной конструкции следует учесть допуски на этапе изготовления и монтажа, также следует учесть этапы эксплуатации с особыми условиями, которые с некоторой вероятностью могут приводить к нерасчетным НДС.

Выводы: Железобетонные конструкции следует проектировать с учетом всех этапов жизненного цикла, при этом сводить к минимуму стоимость жизненного цикла, и увеличивать, насколько это возможно, безопасность и экологичность конструкций здания во время его эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из задач строительства является оптимальное проектирование несущих конструкций. Однако со временем свойства материала деградируют, и становится необходимым учитывать изменения, произошедшие в течение жизненного цикла. В связи с этим актуальным является подход, в котором для создания рационального проекта конструкции будут учтены этапы жизненного цикла.

При проектировании железобетонных конструкций расчетную схему принимают неизменной: жесткостные и геометрические характеристики модели постоянны. Такая схема является существенным упрощением реальной практики существования конструкции в течение жизненного цикла.

При учете изменения расчетной схемы конструкций можно выделить следующие этапы:

- Монтаж
- Основной эксплуатационный период
- Эксплуатационный период с особыми условиями (аварийные ситуации и пр.)
- Утилизация конструкции

В рамках технологии расчета с неизменными параметрами проектируемой конструкции значения расчетов значительно отличаются от соответствующих значений, полученных при расчете с учетом изменений параметров системы.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Важность рассмотрения этапов жизненного цикла определена в настоящее время на уровне государства. Ряд статей прямо или косвенно посвящен этому учету [1-4]. Данные работы иллюстрируют важность учета этапа «Монтаж». Так, например, работа [2] демонстрирует значительные отличия расчетных монтажных нагрузок и реальных. В СП 63.13330.2018. «Бетонные и железобетонные конструкции» коэффициенты динамичности приняты 1,6 и 1,4 соответственно для нагрузок во время транспортировки и монтажных нагрузок соответственно. Также в работе отмечается необходимость учитывать изменения конструкций, происходящие на этапах жизненного цикла.

В работе [3] производят сравнение поэтапного расчета деформаций сечения мостовых конструкций с результатами, полученными путем мониторинга. В результате данные значительно отличаются, что свидетельствует в пользу учета изменений НДС, вызванных условиями работы конструкции.

Существует ряд работ, связанных основным эксплуатационным периодом без аварий, но с постепенным ухудшением характеристик конструкции. Тогда возникает реконструкция и при этом большое количество работ связано с прогнозированием срока службы, усилением или восстановлением несущей способности систем, оптимальному выбору параметров систем усиления [5-9]. В то же время учет этапов жизненного цикла осложняется тем, что в периоды эксплуатации могут возникать весьма сложные для моделирования природные и техногенные процессы и явления [10, 11], что не позволяет автоматизировать в полной мере проектирование конструкций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

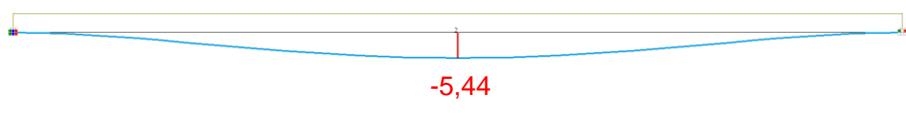
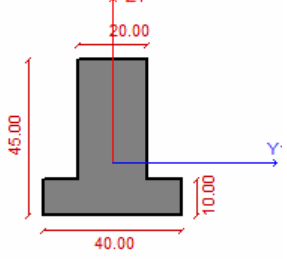
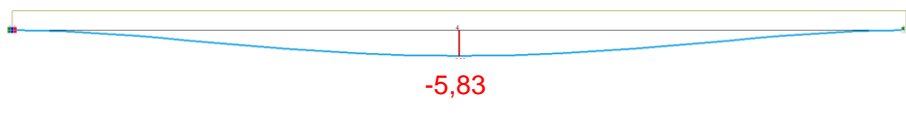
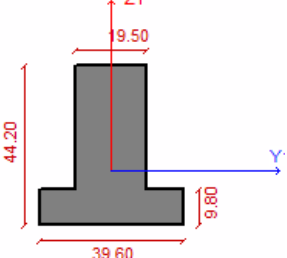

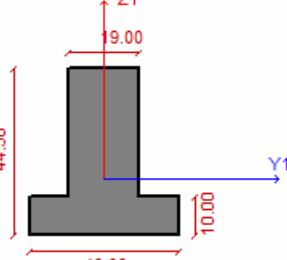
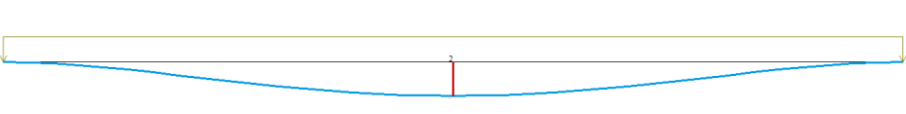
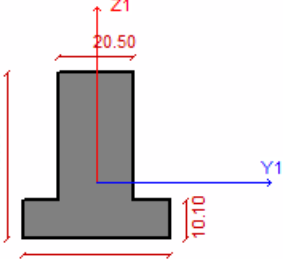
В данной статье в качестве примера важности учета этапов жизненного цикла конструкции рассмотрен шарнирно-опертый ригель таврового сечения. Длина ригеля $l = 6$ м, параметры сечения изменяются, предполагая неточность изготовления и износ материала во время эксплуатации конструкции. На ригель действует равномерно-распределенная нагрузка $q = 10$ кН/м. Моделирование железобетонной балки выполнено в программном комплексе ЛИРА-САПР-2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В следствие неточности установки опалубки даже в допустимых пределах, в расчетной схеме возникает ошибка. При наложении этой ошибки с изменениями расчетной схемы в течение эксплуатационного периода, отклонения расчетных и натуральных параметров сечения в несколько миллиметров могут привести к значительным отличиям расчетных и натуральных прогибов и нагрузок.

В качестве примера рассмотрен шарнирно-опертый тавровый ригель с заданными в табл.1 параметрами сечения.

Табл.1. Отличия прогиба в зависимости от параметров расчетного сечения

<p style="text-align: center;">$q=10 \text{ кН/м}$</p>  <p style="text-align: center;">Эпюра прогиба</p>	
<p style="text-align: center;">$q=10 \text{ кН/м}$</p>  <p style="text-align: center;">Эпюра прогиба</p>	
<p style="text-align: center;">$q=10 \text{ кН/м}$</p>  <p style="text-align: center;">Эпюра прогиба</p>	
<p style="text-align: center;">$q=10 \text{ кН/м}$</p>  <p style="text-align: center;">Эпюра прогиба</p>	

Максимальная относительная погрешность прогиба:

$$\varepsilon = \frac{\Delta f}{f} \cdot 100\% = \frac{5,83 - 5,44}{5,44} \cdot 100\% = 7,17\%$$

Также на этапе монтажа присутствуют неточности в установке конструкции в пределах допусков. Возникают смещения узлов, которые также необходимо учитывать во избежание накопления ошибки при проектировании.

На этапе эксплуатационного периода с особыми условиями стоит учесть такие события, как возведение нового здания рядом с проектируемым, изменения грунтовых условий, коррозию арматуры, изменения температурного режима, аварийные ситуации и др.

При проектировании *затраты* на реконструкцию будут зависеть от параметров запроектированной арматуры. В связи с этим, при проектировании необходимо учесть этап реконструкции, возникающий при переходе в аварийное или ограниченно работоспособное состояние, вызванное особыми условиями эксплуатации. Интерес представляет зависимость между параметрами конструкции и ее стоимостью в течение жизненного цикла с учетом реконструкции.

В современном мире, где люди начинают заботиться о здоровье и благополучии следующих поколений, утилизация железобетонных конструкций представляет собой экологичную альтернативу свалкам. Большая часть материалов, полученная в результате рециклинга, может быть использована повторно, что позволяет снизить расходы на будущие проекты и улучшить экологическую обстановку. При проектировании данный этап следует учесть.

ВЫВОДЫ

Железобетонные конструкции следует проектировать с учетом всех этапов жизненного цикла, при этом сводить к минимуму его стоимость, и увеличивать, насколько это возможно, безопасность и экологичность здания, его эксплуатации и утилизации. Рассмотренный пример показывает, что накопление ошибки может значительно повлиять на разницу между реальными и проектируемыми нагрузками на здание, и изменения в расчетной схеме, произошедшие в течение жизненного цикла, требуют дальнейшего исследования для учета их при проектировании конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабанцев О.В., Тамразян А.Г. Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции // Инженерно-строительный журнал, №5, 2014. С. 15-26
2. Городецкий А.С., Батрак Л.Г., Городецкий Д.А., Лазнюк М.В., Юсипенко С.В. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. К.: Факт; 2004. 106 с.
3. Кабанцев О.В., Карлин А.В. Расчет несущих конструкций с учетом истории возведения и поэтапного изменения основных параметров расчетной модели // Промышленное и гражданское строительство. 2012. №7. С. 33–35.
4. Тамразян А.Г. Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. No 1. С. 5–18.
5. Alekseytsev A.V., Al Ali Mohamad Optimization of bearing structures subject to mechanical safety: an evolutionary approach and software International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2022. Т. 18. № 2. С. 131-142.
6. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий // Атлас схем и чертежей, Томск, Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. – 316 с.
7. Шапошникова Ю.А., Кузнецов В.С. Выбор поперечных стержней в железобетонных балках при обеспечении минимального расхода арматуры // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. No 2. С. 65–76.
8. Алексейцев А.В., Домарова Е.В. Выбор рациональных параметров и топологии преднапряженных стальных рамных конструкций Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 9. С. 52-56.
9. Галяутдинов З.Р. Исследование железобетонных балок на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении // Железобетонные конструкции. 2023. Т.1. No 1. С. 28–36.
10. Савин С.Ю., Колчунов В.В., Федорова Н.В. Несущая способность железобетонных внецентренно сжатых элементов каркасов зданий при коррозионных повреждениях в условиях особых воздействий // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. No 1. С. 46–54.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЬНОГО ТОНКОСТЕННОГО ПРОФИЛЯ

М. А. Лейс¹, Н. Д. Корсун²

^{1,2}ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул.

Володарского, 38,

¹ m.leys99@mail.ru

Аннотация

Предмет исследования: напряженно-деформированное состояние стального тонкостенного П – образного профиля в условиях осевого сжатия.

Цель: экспериментальное исследование поведения образца из тонкостенного профиля в условиях работы на осевое сжатие с контролем напряжений.

Материалы и методы: при выполнении работы были использованы механический метод – испытание образца на сжатие на универсальной испытательной машине, тензометрический метод – измерение относительных деформаций тензорезисторами со сбором данных в блок регистрации. Обработка результатов испытаний велась с применением методов теории упругости.

Результаты: в результате проведенных испытаний получена качественная картина деформирования образца, величины относительных деформаций в конкретных точках сечений образца; в результате обработки полученных данных определены главные нормальные напряжения в точках сечений элемента.

Выводы: в качестве выводов дана оценка достоверности полученных результатов, основанная на нелинейной теории пластин; сделан вывод о неприменимости метода тензометрии к анализу поведения стальных тонкостенных профилей. Перспективным исследованием является изучение полей относительных деформаций бесконтактными оптическими методами.

ВВЕДЕНИЕ

Нормативная документация [1] по проектированию и расчету тонкостенных элементов вводит много допущений при определении их несущей способности аналитическим методом. Поэтому одним из способов определения реальной работы конструкции являются экспериментальные исследования. Основными контролируемыми параметрами в ходе экспериментальных исследований стальных тонкостенных профилей, как правило, принимаются линейные деформации и критическая нагрузка. Однако, основным критерием надежности строительных конструкций является уровень напряжений. На сегодняшний день в качестве основного метода контроля напряжений испытываемого образца применяется метод тензометрии, который позволяет получить данные об уровне напряжений через относительные деформации в одной конкретной точке сечения элемента.

Для тонкостенных профилей ключевыми факторами являются не только численное значение напряжений и полная картина их распределения по сечению профиля, но и изменение полей напряжений во времени. Получение этих данных особенно актуально для анализа напряженно-деформированного состояния элемента в закритической стадии работы.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Экспериментальными исследованиями стальных тонкостенных профилей занимались отечественные [2, 3, 4, 5] и зарубежные [6, 7, 8, 9, 10] авторы. В публикации [2] приведены результаты испытаний одиночного С-образного тонкостенного профиля на устойчивость при действии осевой силы, в качестве метода контроля ключевых параметров – перемещений, деформаций, авторами использовался метод тензометрии. Образцы доводились до разрушения, анализировалась их закритическая работа. В ходе исследований спаренного С-

образного профиля [4] на действие осевой силы производился контроль линейных перемещений, используя датчики линейных перемещений и индикаторы часового типа. Напряжения в образце и его закритическая работа не анализировались. При экспериментальных исследованиях образца с непостоянной по длине формой поперечного сечения на устойчивость [3] производилась визуальная оценка формы потери устойчивости и контроль соответствующей ей критической нагрузки. В публикациях [6, 7] приведены результаты исследований коротких образцов одиночных С- и Z-образных профилей на действие момента в двух плоскостях и осевой силы, контроль линейных перемещений осуществлялся датчиками линейных перемещений, визуально производилась оценка соответствия деформированной схемы испытываемого образца результатам численного эксперимента. Аналогичный подход применен в исследованиях Wang C., Keerthan P., Li Y. [8, 9, 10], однако, в исследованиях Wang C. [8] дополнительным производилась оценка напряжений в двух точках стенки сечения, используя метод тензометрии, что связано со спецификой поставленной задачи и объекта исследования. В ходе эксперимента, проведенного Зеньковым Е. В. [5] был применен комбинированный подход фиксации параметров: линейные деформации контролировались индикаторами часового типов, относительные деформации – методом тензометрии в комплексе с бесконтактным оптическим методом системы Vic-3D. Данный подход позволил комплексно оценить напряженно-деформированное состояние профиля и получить полную картину относительных деформаций исследуемого поля стенки образца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования принята маломасштабная модель стойки из профиля ПНП 27x28x0,6 мм длиной $L=250$ мм, с соотношением $L/h=9.2$, марка стали образцов 08пс по ГОСТ 14918-2020 в условиях осевого сжатия. Исследование проводилось на серии из трех образцов, один из которых имел механические повреждения. Механические повреждения заключались в линейной деформации полок, численно равной $\epsilon_0=L/50$ для каждой полки. Геометрические параметры сечения образцов и расчетная схема приведены на рис. 1.

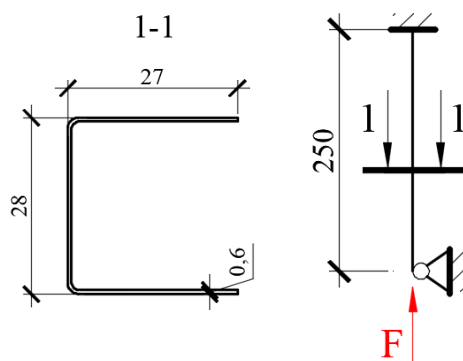


Рис. 1. Геометрические параметры сечения образцов и расчетная схема

Испытание производилось на универсальной испытательной машине серии МИМ.4-1000-2.1-6.11-1.1.1-1.2. В базе и оголовке образцы фиксировались в направляющие элементы, которые устанавливались в захваты испытательной машины. Крепление образцов к направляющим элементам осуществлялось болтовым соединением по полкам, диаметр болтов 4 мм, количество болтов принято из предпосылки о необходимости исключения податливости соединения.

Измерение относительных деформаций производилось при помощи тензорезисторов типа 11ФКП-5-120-А-12-С с номинальным сопротивлением $R=120$ Ом и базой 5 мм. Тензорезисторы располагались в двух сечения образца по высоте элемента: на расстоянии 7 см от нижнего и верхнего сечений. Расположение датчиков по высоте элемента определено исходя из решения задачи путем численного моделирования. Измерение относительных

деформаций производилось во всех элементах поперечного сечения. Расположение датчиков по сечению принято исходя из их конструктивного расположения, расположение относительно друг друга принято в виде трехэлементной прямоугольной розетки (рис. 2, а), направление датчиков А, С (рис. 2, б) принято соответственно направлению главных напряжений.

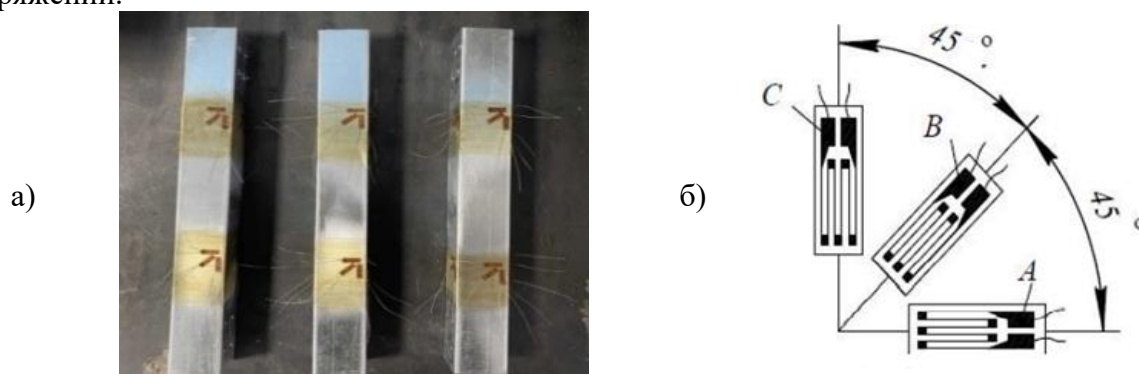


Рис. 2. а) Образцы с установленными тензорезисторами; б) схема расположения тензорезисторов относительно друг друга

Нагружение производилось с постоянной скоростью перемещения нагружающей траверсы 1 мм/мин, фиксация относительных деформаций производилась с помощью многоканального регистратора «Терем-4.1» с частотой один раз в секунду. Образцы доводились до разрушения, контролируемые параметрами являлись нагрузка потери устойчивости и разрушающая нагрузка. Обработка результатов производилась соответственно стандартным методам теории упругости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате испытаний трех образцов получены картины деформаций, позволяющие дать качественную оценку потери устойчивости элементов (рис. 3).

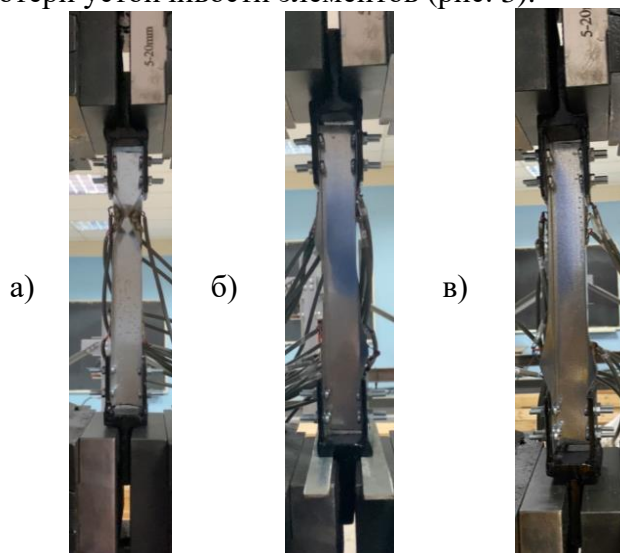


Рис. 3. Деформации образцов: а) образца №1; б) образца №2; в) образца №3 с механическими повреждениями

Разрушающая нагрузка составила 212 и 200 кгс для образцов №1, 2; для образца №3 с механическими повреждениями 89 кгс. Нагрузка потери устойчивости для образцов без повреждений составила 150 кгс. Графики зависимости нагрузки от линейных вертикальных перемещений нагружающей траверсы для образцов представлены на рис. 4.

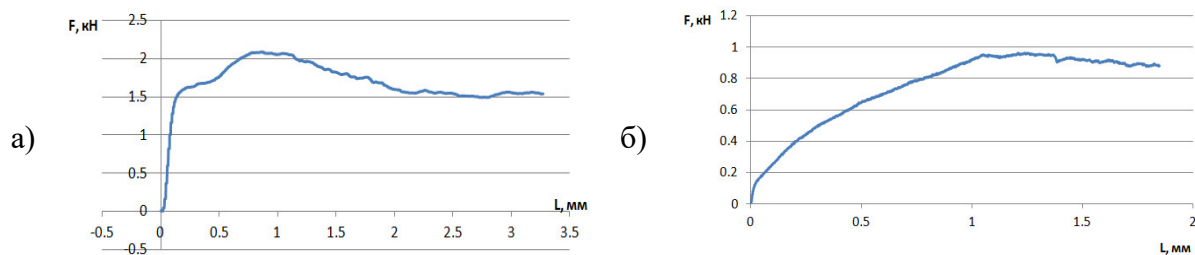


Рис. 4. Графики зависимости нагрузки от линейных вертикальных перемещений нагружающей траверсы: а) для образца №1; б) для образца №3

В результате обработки тензометрических данных получены главные напряжения в элементах сечений образцов σ_1 и σ_3 . Максимальные главные напряжения для полки №1 составили: $\sigma_1 = 131$ МПа, $\sigma_3 = -108$ МПа; для полки №2: $\sigma_1 = 126$ МПа, $\sigma_3 = -103$ МПа; для стенки: $\sigma_1 = -203$ МПа, $\sigma_3 = -241$ МПа. Графики зависимости главных напряжений от нагрузки для образца №1 в верхнем представлены на рис.5. Характер зависимости напряжений от нагрузки в полках идентичен, величины напряжений близки по значению, поэтому для второй полки график условно не показан.

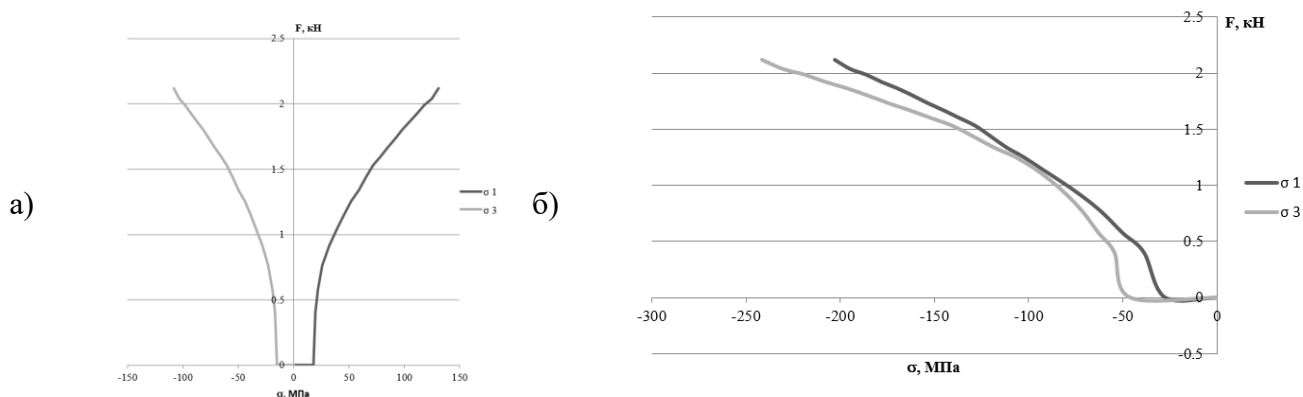


Рис.5. Графики зависимости главных напряжений от нагрузки для образца №1 в верхнем сечении: а) в полке; б) в стенке

Максимальные эквивалентные напряжения, определенные в соответствии с теорией Мизеса, составили для полки №1 – 207 МПа, для полки №2 – 199 МПа, для стенки – 224 МПа.

ВЫВОДЫ

Качественный анализ деформаций потери устойчивости показал, что для образца характерна потеря устойчивости формы сечения с последующей потерей общей устойчивости элемента. Это соответствует теоретическим предпосылкам для элементов средней длины с соотношением $L/h=10$.

Формы потери устойчивости также соответствуют результатам, полученным при решении задачи методом численного моделирования.

Эквивалентные напряжения в момент потери устойчивости формы составляют 75 МПа; значения напряжений, полученных аналитически составляют: 22 МПа для изгибно-крутильной формы потери устойчивости; 25 МПа для крутильной формы потери устойчивости; 132 МПа для изгибной формы потери устойчивости в плоскости наименьшей жесткости; 245 МПа для изгибной формы потери устойчивости в плоскости наибольшей жесткости. Изгибной-крутильной и крутильной форм потери устойчивости для испытываемого образца не наблюдалось, при этом соблюдается логическое соотношение значений напряжений фактических в момент потери устойчивости формы сечения и теоретических для общей формы потери устойчивости.

Существенное влияние на несущую способность оказывают начальные геометрические несовершенства и механические повреждения. Поврежденный образец №3 практически сразу перешел в нелинейную стадию работы, разрушающая нагрузка для данного образца составила 40% от разрушающей нагрузки для образцов без начальных деформаций.

Анализ напряжений по сечению элементов показал, что напряжения, полученные для стенки образца, превышают напряжения, полученные для полки. Это объясняется расположением тензодатчиков: по стенке они располагаются вблизи углагиба, по полке - вблизи свободного края.

Полученный результат подтверждает один из основных недостатков метода тензометрии: фиксация значений относительных деформаций данным методом производится только в той точке элемента, в которой находится тензорезистор. Поэтому данный подход не позволяет выполнить комплексный анализ напряженного состояния тонкостенного элемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованного профиля и гофрированных листов - введ. В действие 2017-06-04. – Изд. офиц. – М.: Госстрой России – 116 с.
2. Назмеева, Т.В. Методика проведения испытаний на сжатие стоек, выполненных из холодногнутого стального профиля//Вестник Череповецкого государственного университета. 2013. №3. Т.1. С.12—17.
3. Кошеварова Г.Г., Косых, П.А. Численное моделирование и физические эксперименты потери устойчивости легких стальных тонкостенных профилей с нестандартной перфорацией//Вестник ПТО РААСН. 2020. №23. С. 180—188
4. Нефедров, Г.В. Испытание составных стоек из холодногнутого С-образных профилей//Вестник НИЦ «Строительство». 2020. №2(25). С. 106—116.
5. Зеньков, Е. В. Особенности работы стоечного профиля из лёгких стальных тонкостенных конструкций на устойчивость//Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 3-1(105). С. 54—59.
6. Torabian, S. Experimental study and modeling of cold-formed steel lipped channel stub beam-columns//Proceedings of the Annual Stability Conference Structural Stability Research Council Toronto. 2014. P. 2—22.
7. Torabian, S Experiments on cold-formed steel Zee-shaped stub beam-columns//Proceedings of the Annual Stability Conference Structural Stability Research Council Nashville. 2014. P. 2—18.
8. Wang C. Experimental and numerical investigation of perforated cold-formed steel built-up I-section columns with web stiffeners and complex edge stiffeners//Advances in Structural Engineering. 2019. V. 22(10). P. 2205—2221.
9. Keerthan P., Mahendar M. Experimental investigation and design of lipped channel beams in shear//Thin-Walled Structures. 2015. №86. P. 174—184.
10. Li Y. Experimental investigation on ultimate capacity of eccentrically compressed cold-formed beam-columns with lipped channel sections//Twenty-Second International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures St. Louis. 2014. P. 393—405.

УСЛОВИЯ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Д. В. Копытов¹, Н. Д. Корсун²

^{1,2}ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38,

¹ danil.kopytov2001@gmail.com

Аннотация

Предмет исследования: обоснованная величина начальных геометрических несовершенств стальных тонкостенных профилей для учета при расчетах несущей способности элементов.

Цели: изучить условия нормирования точности изготовления стальных тонкостенных профилей; выполнить обзор исследований в данном направлении; разработать план эксперимента по оценке точности изготовления стальных тонкостенных профилей.

Материалы и методы: при обзоре информации использованы методы научного познания (абстракция, сравнение, синтез и анализ, индукция и дедукция), при планировании эксперимента использованы методы измерений отклонений формы и обработки результатов экспериментов.

Результаты: изучены условия нормирования точности изготовления стальных тонкостенных профилей, опыт замеров и учета геометрических несовершенств при моделировании и расчете элементов; разработаны программа и методика проведения измерений отклонений стальных тонкостенных профилей в объемах, достаточных для статистической обработки данных.

Выводы: На основе анализа условий нормирования стальных тонкостенных профилей установлено, что отсутствуют статистические данные по фактическим величинам отклонений формы. Проведение испытаний по разработанной программе позволит получить оценку доверительной вероятности точности изготовления стальных тонкостенных профилей.

ВВЕДЕНИЕ

Российские и зарубежные нормы проектирования элементов из стальных тонкостенных профилей рассматривают наличие местных и общих искривлений как одну из особенностей их работы. Российский Свод правил 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованного профиля и гофрированных листов» [1] рекомендует указывать в проектной документации на строительство зданий класс точности изготовления стальных тонкостенных профилей не ниже 5 в соответствии с ГОСТ 23118 [2] и при расчетах элементов задавать размеры начальных несовершенств, соответствующие выбранному классу точности. Вместе с тем, отсутствуют экспериментальные данные, подтверждающие, что величины начальных деформаций профилей соответствуют классу точности не ниже 5. Учёт начальных несовершенств является существенным фактором, влияющим на несущую способность элементов из стальных тонкостенных профилей, поэтому актуальным является экспериментально оценить реальные величины отклонений формы.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Начальные геометрические несовершенства возникают вследствие упругих и упругопластических деформаций при изготовлении профиля путем холодной прокатки. Их учет регламентирован российскими [1] и зарубежными [3, 4, 5] нормами проектирования. Влияние несовершенств формы оценивается линейным и нелинейным расчетами на устойчивость, используя аналитические и численные методы, а также при испытаниях элементов нагрузкой. В нормах отмечается, что степень влияния местных и общих

несовершенств на несущую способность различны в зависимости от формы потери устойчивости: изгибно-крутильной или плоской, а также гибкости элемента.

Принято различать местные деформации формы в виде вогнутостей, выпуклостей стенок и полок профиля (рис. 1, а), а также перекося полок (рис. 1, б).

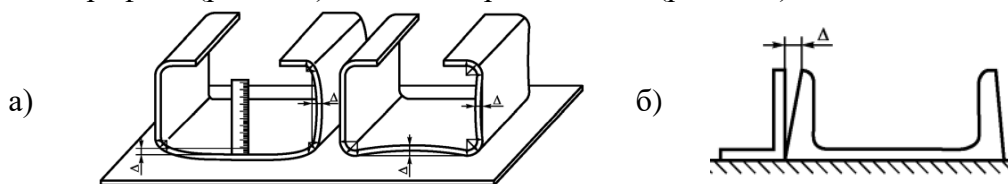


Рис. 1. Местные виды деформаций гнутых профилей: а) вогнутость и выпуклость стенок и полок; б) перекося полок

К общим деформациям относят серповидность – искривление профиля в плоскости наибольшей жесткости (рис. 2, а), прогиб – искривление профиля в плоскости наименьшей жесткости (рис. 2, б) и скручивание (рис. 2, в).

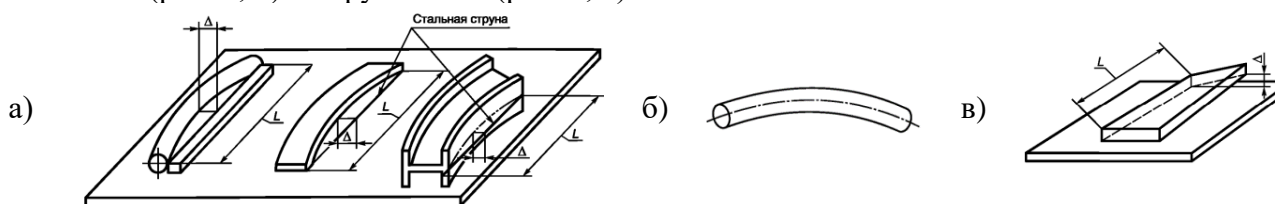


Рис. 2. Общие виды деформаций гнутых профилей: а) серповидность; б) прогиб; в) скручивание

Условия нормирования начальных несовершенств согласно [1] сводятся к учету местных изгибных несовершенств исходя из соотношения $e_0/L=1/250$ и допусков по отклонениям формы в соответствии с [2] для стенки $0.003H$, для полки $0.005B$, где H и B соответственно высота и ширина сечения профиля.

Согласно [3, 4] предельные значения местных несовершенств принимаются в зависимости от формы сечения и типа расчета и для П-образной формы сечения профиля задаются как $e_0/L=1/600$ для линейного расчета и $e_0/L=1/500$ - для нелинейного расчета.

Согласно [5] величина допуска по выпуклости/вогнутости стенки профиля, а также перекося полок составляет 1,59 мм, а величина общих несовершенств ограничена 3,13 мм на 3 м длины.

Особенности поведения элементов из тонкостенных профилей, а также основные аспекты, влияющие на их несущую способность, рассмотрены в публикациях Г.И. Белого [6], Э.Л. Айрумяна [7, 8], А.А. Кикоть [9], Д.О. Советникова [10], Т.В. Назмеевой [11], Г.Г. Кашеваровой, П.А. Косых [12], KJR Rasmussen [13], В.В. Schafer [14, 15, 16], D. Dubina, J. Rondal, V. Ungureanu [17, 18], Young Bong Kwon, Bong Sun Kim, G.J. Hancock [19] и др.

В большинстве работ величины начальных несовершенств задавались согласно стандартам изготовления профилей для учета при численном моделировании элементов.

Так, в работах D. Dubina, J. Rondal, V. Ungureanu [18], KJR Rasmussen, G.J. Hancock [13], В.В. Schafer, Т. Peköz [15] уделяется внимание характеристике и кодификации дефектов для нелинейного моделирования МКЭ. Авторы в своих исследованиях использовали репрезентативную базу данных дефектов для соответствующих классов образцов. За основу внесения геометрических недостатков в численные модели приняты синусоидальные формы с длиной волны, соответствующей модам неустойчивости. Предложено использовать «верхние» границы для величин несовершенств, чтобы определять «нижнюю» границу несущей способности элемента. Вместе с тем, стоит отметить, что речь идет о достаточно жестких «верхних» границах несовершенств, существенно ниже, чем встречается в практике отечественного строительства.

Рассмотрены два типа дефектов: локальные и секционные (рис. 3). Основываясь на вероятностном анализе измеренных дефектов, В.В. Schafer, Т. Peköz [15] предложили кодифицированные значения выделенных дефектов:

$$d_1 = 6te^{-2t} \quad \text{или} \quad d_1 = 0.006w ;$$

$$d_2/t = 0.014w/t + 0.5 \quad \text{мм или} \quad d_2 = 1.8 \quad \text{мм},$$

здесь w и t соответственно ширина и толщина элемента сечения.

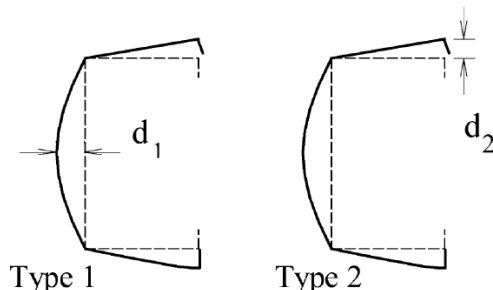


Рис. 3. Определение геометрических дефектов

Для учета общего несовершенства (прогиба стержня) предложено использовать длину образца $L/1500$ или $L/1000$.

В своих работах Н.Д. Корсун и Д.А. Простакишина [20, 21] рассматривают проблему влияния начальных геометрических несовершенств на НДС стержня составного симметричного сечения из сигма-профилей в условиях действия продольной силы с изгибом. В качестве объекта исследования принят элемент длиной 4,5 м, максимально возможные общие несовершенства приняты согласно [1] и [2] равными 30 мм. Наименьшая несущая способность элемента соответствует искривлению стержня в плоскости наименьшей жесткости.

Влияние начальных геометрических несовершенств на несущую способность С-образного профиля на основе численного моделирования рассмотрено в работе К.А. Красулиной и А.А. Кикотя [22]. Величины общих несовершенств в соответствии с [1] и [2] для элемента длиной 2 м приняты максимум 12 мм для 4 класса точности. Представленные результаты по сравнению численного моделирования и аналитического расчета показывают, что для элементов с высокой гибкостью элементов сечения превышение допусков 4 класса точности не позволяет получить достоверный результат аналитическим методом.

В исследованиях, проведенных Г.Г. Кашеваровой и П.А. Косых [12], рассмотрен анализ влияния геометрических несовершенств стандартных значений на несущую способность С-образного профиля, а также выполнена экспериментальная оценка точности изготовления экспериментального образца перед его испытанием на сжатие. Были учтены распределение и величина начальных геометрических несовершенств: отклонение от перпендикулярности полки профиля к стенке – Н-1; выпуклость стенки профиля – Н-2; серповидность в направлении оси Y – Н-3 и серповидность в направлении оси X – Н-4. Примечательно, что фактические несовершенства экспериментального образца существенно превысили стандартные значения (рис. 4), которые согласно [2] составили для стенки профиля 0.45 мм, для полки – 0.26 мм.

Подводя итог по исследованиям в области поведения стальных тонкостенных конструкций следует резюмировать, что вопрос учета начальных геометрических несовершенств при расчетах НДС тонкостенных стержней требует более детальной проработки с учетом вероятностного анализа измеренных дефектов.

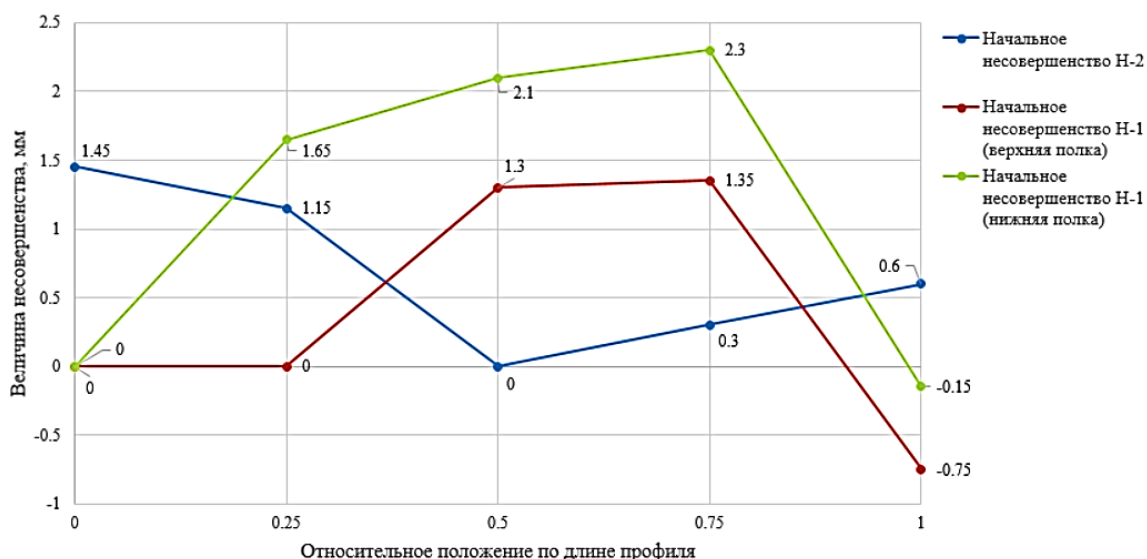


Рис. 4. Фактические местные несовершенства полок и стенки С-образного профиля

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При обзоре научно-технической информации по теме исследований использованы такие методы научного познания как абстракция, сравнение, синтез и анализ, индукция и дедукция. При планировании эксперимента оценки точности изготовления стальных гнутых профилей использованы методы измерений отклонений формы [23] и обработки результатов экспериментов [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Программа и методика проведения эксперимента разработана с целью оценки доверительной вероятности точности изготовления стальных тонкостенных профилей. Набор параметров принят согласно российским и зарубежным нормам:

- общие несовершенства в виде серповидности, прогиба и скручивания;
- местные несовершенства в виде вогнутости/выпуклости стенки и полок; перекоса полок.

Отклонения от плоскости и прямолинейности следует измерять на всей длине металлоконструкции или на длине 1 м, если не установлены другие требования, при этом разбив данный участок не менее чем на пять равных участков.

В качестве исследуемых элементов приняты стальные тонкостенные профили холодной прокатки, изготавливаемые на листогибочных машинах из оцинкованного стального листа. Приняты следующие типы профилей: направляющий П-образный профиль и стоечный профиль с V-образным элементом жесткости в стенке.

В качестве средств измерительной техники для измерения отклонения формы приняты: измерительная металлическая линейка, угольник и стальная струна, натянутая по всей длине профиля.

Для проведения статистического анализа следует выполнять не менее 30 измерений каждого параметра.

ВЫВОДЫ

Анализ и обобщение литературных источников подтвердили отсутствие общепринятых рекомендаций в области оценки точности изготовления холодногнутого профиля. Величины и формы начальных геометрических несовершенств носят произвольный характер, так как предельные значения начальных несовершенств в зависимости от производителя и технических условий на изготовление разнятся. Отсутствуют статистические данные по фактическим величинам отклонений формы. Проведение испытаний по разработанной

программе позволит получить оценку доверительной вероятности точности изготовления стальных тонкостенных профилей для учета при расчетах несущей способности элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 260.1325800.2016. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованного профиля и гофрированных листов. Правила проектирования (с Изменениями N 1, 2). - М.: Стандартинформ, 2017.
2. ГОСТ 23118-2019 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия (с Поправкой). - М.: Стандартинформ, 2020.
3. EN 1993-1-3: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting.
4. EN 1993-1-1: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.
5. AISI S240-15 North American Standard For Cold-Formed Steel Structural Framing, 2015 Edition
6. Белый Г.И. Особенности работы стержневых элементов конструкций из оцинкованных гнутых профилей // Вестник гражданских инженеров. 2012. №3(32). С. 99-103.
7. Айрумян, Э.Л. Рекомендации по расчету стальных конструкций из тонкостенных гнутых профилей // СтройПрофиль. 2009. № 8(78). С. 12-14.
8. Айрумян, Э.Л. Особенности расчета стальных конструкций из тонкостенных гнутых профилей // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2008. №3. С. 2-7.
9. Кикоть А.А., Григорьев В.В. Влияние ширины пояса и параметров стенки на эффективность стального холодногнутого профиля Сигма-образного сечения при работе на изгиб // Инженерно-строительный журнал. 2013. №1. С. 97-101.
10. Советников Д.О., Азаров А.А., Иванов С.С., Рыбаков В.А. Методы расчета тонкостенных стержней: статика, динамика, устойчивость // Alfabuild. 2018. № 2(4). С. 7-33.
11. Назмеева Т.В. Несущая способность сжатых стальных тонкостенных элементов сплошного и перфорированного сечения из холодногнутого С-профиля // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5(40). С. 44-51.
12. Кашеварова Г.Г., Косых П.А. Определение несущей способности легких стальных тонкостенных конструкций на основе компьютерного моделирования // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. 2014. Т. 10. № 2. С.85-92.
13. Rasmussen KJR, Hancock G.J. Geometric imperfections in plated structures subject to interaction between buckling modes // Thin-Walled Structures. 1988. № 6. Pp. 433-452.
14. Schafer B.W. Review: The Direct Strength Method of cold-formed steel member design // Journal of Constructional Steel Research. 2008. №64. Pp. 766-778.
15. Schafer B.W. Peköz T. Computational modeling of cold-formed steel: characterizing geometric imperfections and residual stresses // Journal of Constructional Steel Research. 1998. №47. Pp. 193-210.
16. Zeinoddini V.M., Schafer B.W. Simulation of geometric imperfections in cold-formed steel members // Proceedings of the Annual Stability Conference Structural Stability Research Council Grapevine, Texas, April 18-21, 2012. URL: <https://www.aisc.org/globalassets/continuing-education/ssrc-proceedings/2012/simulation-of-geometric-imperfections-in-cold-formed-steel-members.pdf> (дата обращения: 11.03.2023).
17. Dubina D., Ungureanu V. Effect of imperfections on numerical simulation of instability behaviour of cold-formed steel members // Thin-Walled Structures. 2002. № 40. Pp. 239-262
18. Rondal J., Dubina D., Ungureanu V. Imperfections and computational modeling of cold-formed steel members.
19. Young B.K., Bong S.K., Hancock G.J. Compression tests of high strength cold-formed steel channels with buckling interaction // Journal of Constructional Steel Research. 2009. №65. Pp. 278-289.
20. Корсун Н.Д., Простакишина Д.А. Анализ НДС составного сечения из тонкостенных профилей с учетом начальных геометрических несовершенств // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2018. № 4 (39). С.83-89.
21. Корсун Н.Д., Простакишина Д.А. Численное моделирование элемента составного сечения из тонкостенных профилей с учетом начальных геометрических несовершенств // Вестник гражданских инженеров. 2020. №1(78). С. 82-86.

22. Красулина К. А., Кикоть А. А. Моделирование начальных несовершенств в расчетах сжатых элементов из холодногнутых профилей в расчетном комплексе SIMULIA ABAQUS // Ползуновский альманах .2022. № 2. С. 54-57.
23. ГОСТ 26877-2008. Металлопродукция. Методы измерений отклонений формы. - М.: Стандартиформ, 2013.
24. Ротштейн Д.М. Вероятностные методы в расчетах надежности строительных конструкций: монография / Ротштейн Д.М. - Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. - 86 с. // IPR SMART: [сайт]. URL: <https://www.iprbookshop.ru/83684.html> (дата обращения: 11.03.2023).

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СТАДИОНОВ

А. П. Гришина¹, А. С. Петрова², Т. Х. Бидов³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ anya201202@mail.ru

² aspetrova2001@mail.ru

В данной статье рассмотрены организационно-технологические решения, а также факторы, оказывающие влияние на результативность возведения большепролетных сооружений на примере стадионов. Установлено отсутствие четко прописанных организационных, технологических, технических и управленческих рекомендаций в нормативно-правовой документации. Цель исследования данной работы – выявление необходимости создания инструмента прогностической оценки принятых решений, способных повысить эффективность возведения большепролетных стадионов. Исследование проводилось аналитическим методом, путем изучения нормативно-технической документации, статей и других источников. Изучены механизмы оценки качественных и количественных значений организационно-технологических решений и факторов. Составлена рациональная блок-схема работы нейронных сетей в процессе проектирования и строительства уникальных спортивных объектов. Сформирована научная база для проведения натурных исследований эффективности реализации научно-технического сопровождения проектирования и строительства.

В связи с тенденцией поддержания физической культуры и спорта в России государственные структуры ставят задачи по строительству спортивных стадионов. Именно это направление в строительной сфере побуждает научное сообщество проявлять большой интерес к методическим и методологическим подходам организации и возведения большепролетных сооружений. Отдельное внимание уделяется понятиям гибкости в проектировании стадионов и послематчевом обслуживании стадионов для поддержания устойчивости городской среды. При проектировании уникальных сооружений возникают проблемы, выходящие за рамки действующих нормативных документов. Развитие в последние десятилетия современных технологий, определившее появление новых материалов, изделий, методов проектирования и строительства, вызывает новые и сложные проблемы, которые влекут за собой возникновение непредвиденных ситуаций на строительной площадке.

Для успешной реализации и систематизации возведения зданий и сооружений необходим такой действенный инструмент, как научно-техническое сопровождение (НТС). В настоящее время точный состав и структура НТС определены для жилых и промышленных зданий, тогда как для большепролетных стадионов, относящихся к объектам повышенного уровня ответственности, существует ряд неточностей и недоработок в этой области. По этой причине идея развития научно-технического сопровождения уникальных сооружений является актуальной.

В настоящее время не установлено, кто именно из участников строительного процесса несет ответственность за программу проведения научно-технического сопровождения проектирования и строительства (далее НТС П и НТСС). Вместе с тем, действующее законодательство не содержит конкретной информации об учете затрат на проведение работ по научно-техническому сопровождению проектирования и строительства. Этап проектных работ, на котором необходимо начинать выполнение НТС П, также не установлен.

К проблемам, с которыми сталкиваются участники строительства при осуществлении НТС П и НТСС можно отнести: нарушение сроков проектирования, появление

дополнительных работ, незапланированные затраты. Причиной тому - недостаток научных исследований по обеспечению надежности и безопасности при организации строительства уникальных сооружений, а именно отсутствие необходимых документов по научно-техническому сопровождению проектирования и строительства. Имеющееся НТС не позволяет заказчику заранее определить стоимость и сроки строительства. Эти проблемы и являются основой для развития различных методов прогнозирования развития строительного процесса, которые неоднократно рассматривались в научных работах:

1. В исследовании темы: «Анализ недостатков нормативно-технической и законодательной базы проектирования капитального ремонта жилых зданий» [1], были выявлены недостатки в нормативно-технической и законодательной базе при проектировании при капитальном ремонте жилых зданий. Авторы Лapidус А.А., Билонда Трегубова Е., Комаров В.А.

2. В исследовании на тему: «Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений» [2], авторы Хубаев А.О., Байчоров Р.А., Урусов А.А. рассмотрели разработку технологий зимнего бетонирования для повышения эффективности и надёжности бетонных работ, а также особенности технологий и возможности применения различных методов производства работ в зимних условиях.

3. Фатуллаев Р.С., с научной работой: «Формирование параметров, влияющих на организационно-технологические решения при проведении внеплановых ремонтных работ» [3] провел исследование, основанное на научной гипотезе о прямой зависимости между параметрами, влияющими на выбор работ при планировании внепланового капитального ремонта и предлагаемым аддитивным критерием - потенциалом проведения внеплановых ремонтных работ.

4. Муря В. А. в диссертационной работе: «Оптимизация организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений» рассмотрел эффективность применения метода оценки комплексного показателя качества организационно-технических решений, определяющихся масштабным подходом к подбору факторов, устанавливающих организацию процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий [4].

5. Также большой вклад в развитие данного направления внесли следующие авторы:

- Говоруха П.А., с работой: «Потенциал эффективности организационно-технологических решений - инструмент повышения результативности для участников строительства» [5];
- Кузьмина Т.К., Ледовских Л.И. с исследованием на тему: «Особенности использования технологии информационного моделирования при осуществлении строительного контроля» [6];
- Газаров А.Р., с работами: «Анализ и обработка информации, полученных с использованием метода конечных элементов» и «Анализ и обработка информации, полученной с использованием компьютерного моделирования» [7,8];
- Грушковский П.А., Ситков Р.А., Щельников В.Н. с исследованием на тему: «Перспективы развития информационного моделирования в ходе строительства и эксплуатации зданий и сооружений» [9];
- Ведяков И.И., Фарфель М.И. с исследованием: «Научно-техническое сопровождение проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации при реконструкции большой спортивной арены "Лужники" в г. Москве к Чемпионату мира по футболу в 2018 году» [10].

В данной работе был использован аналитический метод исследования. Рассмотрена различная научно-техническая документация, технические карты строительства, организационные и технологические решения.

Для зданий и сооружений класса КС-3 (повышенный уровень ответственности), к которым относятся большепролетные стадионы, должны предусматриваться научно-техническое сопровождение при проектировании, изготовлении и монтаже конструкций, а также их технический мониторинг при возведении и эксплуатации, вследствие использования нестандартных методов проектирования и конструктивных решений, не имеющих надежных методов расчета [11,12].

В соответствии с действующим законодательством выполнение работ по НТС П объектов повышенного уровня ответственности является обязательным, однако нормативный документ, который содержал бы все необходимые требования к порядку и методике его проведения отсутствует [13].

Совершенствовать проведение научно-технического сопровождения проектирования и строительства возможно при автоматизации процесса формирования НТС с помощью нейросети [14,15]. Одной из возможных сфер применения ИИ является проектное планирование. Нейронная сеть может не только создавать поэтапный план возведения стадиона, перестраивать его в зависимости от ситуаций на строительной площадке и минимизировать непредвиденные затраты, но и предугадывать ряд факторов, которые с определенной вероятностью могут возникнуть.

К таким факторам можно отнести: опыт строительной организации, квалификацию рабочих, изменение климатических условий, увеличение или уменьшение сроков строительства объекта, а также территориальные особенности проведения работ [16-19]. Для создания инструмента, способного прогнозировать различные ситуации на стройплощадке, необходимо рассмотреть комбинации вышеуказанных факторов. Например, строительство футбольного стадиона «Волгоград Арена» проводилось в сжатые сроки, использовались современные способы возведения кровли. Для сдачи объекта в установленный срок были привлечены иностранные специалисты с большим опытом работы, а также современные машины и механизмы, в том числе вертолет. Оптимизировать строительный процесс удалось в том числе благодаря широкому применению BIM-технологий, в частности программы Maffeis.

Привлечение компьютерного анализа и нейросетевых технологий, а также автоматизация процесса [20], позволило бы повысить эффективность и оптимизировать процесс строительства уникальных сооружений. Блок-схема работы нейронных сетей приведена на рисунке 1.

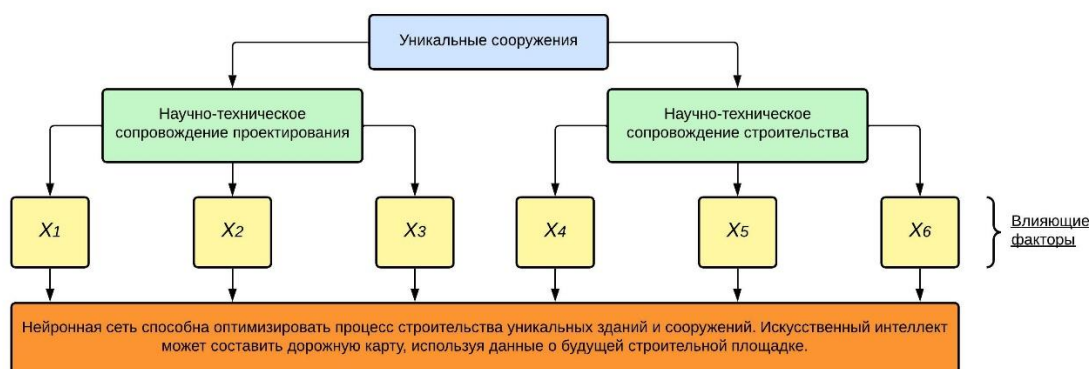


Рис. 1. Блок-схема работы нейронной сети

В последнее время, начал возрождаться интерес к процессу генеративного проектирования, потому как этот процесс, по сути является подпроцессом машинного обучения. По причине возросшего интереса к нейронным сетям появляются интересные проекты, связанные с процессом расчета конструкций. Ярким примером может послужить ПО Prometeu. Данная система задумывается в качестве расчетной, основной целью которой, является создание изополей напряжения в конструкции и автоматический подбор арматуры.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование в данной работе установило наличие проблемы при организации и проведении работ по возведению уникальных сооружений. Опыт в области строительства большепролетных стадионов показал, что в настоящее время отсутствует нормативный документ, содержащий все необходимые требования к порядку и методике проведения научно-технического сопровождения проектирования и строительства объектов повышенного уровня ответственности. Актуальной задачей сегодня является создание инструмента прогностической оценки принятых решений, которые будут способны повысить эффективность возведения таких уникальных сооружений, как большепролетные стадионы. Для этого необходимо провести ряд исследований эффективности реализации НТС П и НТСС. На основе изучения научных работ, были выявлены инструменты прогностической оценки, в основу которых положено использование нейросетей. Определены направления для дальнейшего изучения поставленной задачи. Следующий шаг – проведение экспертного опроса для выявления наиболее значимых факторов и их комбинаций, влияющих на проведение научно-технического сопровождения проектирования и строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лapidус А.А., Билонда Трегубова Е., Комаров В.А. Анализ недостатков нормативно-технической и законодательной базы проектирования капитального ремонта жилых зданий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 7. С. 218-224.
2. Хубаев А.О., Байчоров Р.А., Урусов А.А. Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 7. С. 309-314.
3. Фатуллаев Р.С. Формирование параметров, влияющих на организационно-технологические решения при проведении внеплановых ремонтных работ // Перспективы науки. 2017. № 8 (95). С. 36-41.
4. Муря В.А. Оптимизация организации процесса возведения конструктивных элементов монолитных зданий на основе комплексного показателя качества организационно-технических решений: дис. ... канд. техн. Наук 05.02.22 / Муря В.А. – М., 2022. – 192 с.
5. Говоруха П.А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений - инструмент повышения результативности для участников строительства // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 1 (91). С. 27-30.
6. Кузьмина Т.К., Ледовских Л.И. Особенности использования технологии информационного моделирования при осуществлении строительного контроля // Строительное производство. 2021. № 4. С. 49-53.
7. Газаров А.Р. Анализ и обработка информации, полученных с использованием метода конечных элементов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 5. С. 241-243.
8. Газаров А.Р. Анализ и обработка информации, полученной с использованием компьютерного моделирования // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 12. С. 345-348.
9. Грушковский П.А., Ситков Р.А., Щельников В.Н. Перспективы развития информационного моделирования в ходе строительства и эксплуатации зданий и сооружений // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 8. С. 207-211.
10. Ведяков И.И., Фарфель М.И. Научно-техническое сопровождение проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации при реконструкции большой спортивной арены "Лужники" в г. Москве к Чемпионату мира по футболу в 2018 году // Вестник НИЦ Строительство. 2019. № 3 (22). С. 27-41.
11. ГОСТ 27751 — 2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. — Москва: Стандартинформ, 2015. —13 с.
12. Давидюк А.А. Научно-техническое сопровождение проектирования объектов повышенного уровня ответственности // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 2. С. 29-33
13. Лapidус А.А., Шистерова А.В. Анализ действующих нормативных документов, в части научно-технического сопровождения проектирования зданий и сооружений, имеющих повышенный уровень ответственности // Системные технологии. 2019. № 1 (30). С. 5-9.

14. Лapidус А.А., Топчий Д.В., Шевченко И.С. Концепция разработки модели программы по научно-техническому сопровождению жизненного цикла уникальных зданий с большим заглублением // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. № 3. С. 298-313.
15. Газаров А.Р. Преимущества использования искусственного интеллекта в сфере строительства // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 4. С. 136-139.
16. Черемисин М.С. Повышение качества в строительстве // В сборнике: Разработка и применение наукоёмких технологий в интересах модернизации современного общества. сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 65-68.
17. Бидов Т.Х., Ковалева С.А., Магомедов М.И. Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 4. С. 120-126.
18. Давидюк А.А. Научно-техническое сопровождение проектирования объектов повышенного уровня ответственности // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 2. С. 29-33
19. Дементьева В.В. Характеристика понятия сроков строительства и анализ основных направлений сокращения сроков строительства // Аллея науки. 2018. Т. 8. № 5 (21). С. 524-530.
20. Кангезова М.Х., Евстигнеев В.Д. Автоматизация организационно-технологических аспектов научно-технического сопровождения проектирования уникальных зданий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 3. С. 300-304.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ АВАРИЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

С. Р. Меликсетян¹, П. А. Кореньков²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ Msr080802@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена численному моделированию железобетонных узловых соединений на базе конечноэлементного моделирования. Осуществлен расчетный анализ соединения железобетонного ригеля с колонной при учете граничных условий сопряжения рассматриваемого узла с элементами всей несущей системы при стадии эксплуатации и при аварийном воздействии, вызванном выключением из работы колонны.

Предмет исследования: особенности изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) узла сопряжения ригеля и колонны из монолитного железобетонного при эксплуатационных и при аварийных воздействиях.

Цели: установить граничные условия при детальном анализе НДС узла сопряжения ригеля с колонной, выявить особенности деформирования и силового сопротивления узлов в стадии эксплуатации и при аварийных воздействиях.

Материалы и методы: при определении граничных условий, описывающих характер сопряжения узла с конструктивными элементами, использован метод напряженно-деформированной модели (НДМ), для анализа НДС узла применены принципы конечноэлементного моделирования железобетонных конструкций.

Результаты: напряжения в сжатой зоне увеличились в 1,5 раза, в растянутой увеличились в 16,5 раз, перемещения в пролетной зоне увеличились на 32,1%.

Выводы: при удалении колонны напряжения в бетоне превысили максимальные (бетон перестал участвовать в работе), но максимальные перемещения составили 1/23 пролета, что не превышает предельно допустимых значений при особом предельном состоянии.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании нового строительного объекта первое и обязательно требование – это безопасность. И изучение явления прогрессирующего обрушения всегда будет актуальным.

При проектировании узлового сопряжения ригеля с колонной из основных положений конструирования [1-2] известно, что сопряжение может быть шарнирным, жестким и с частичным защемлением. При расчетном анализе опасности прогрессирующего обрушения монолитное железобетонное здание, для расчетов в основном принимают жесткое сопряжение, и дальнейшие вычисления расчеты производят как для жесткого узла. Это не в полной мере отражает действительную работу элементов не учитываем податливость системы в целом.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблемой численно и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций посвящены работы Акимова П. А. [3-4], Белостоцкого А.М. [5], в том числе при аварийных воздействиях Травуша В. И. [6-9], Колчунова В. И. [6, 8, 10-12], Федоровой Н. В. [7, 11, 13-14]. В тоже время учет податливости сопряжения конструкций элементов при аварийных динамических воздействиях изучен недостаточно. Есть различные подходы по учету податливости стыков при статических нагружениях, здесь можно отметить работы Трекина Н. Н. [15] и Мамина А. Н. [16] В связи с этим целями настоящей работы является установка

граничных условий сопряжения ригеля и колонны, и выявление особенности деформирования и силового сопротивления узлов в стадии эксплуатации и при аварийных воздействиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования выбран узел А, вырезанный из монолитный железобетонный каркас (Рис. 1.) Характеристики узла: класс бетона В40; колонна – сечение 50x100 мм, армирование симметричное 2Ø8А500; ригель – сечение 50x100 мм, характер разрушения сечения хрупкий, так как относительная высота сжатого бетона больше граничной относительной высоты сжатой зоны.

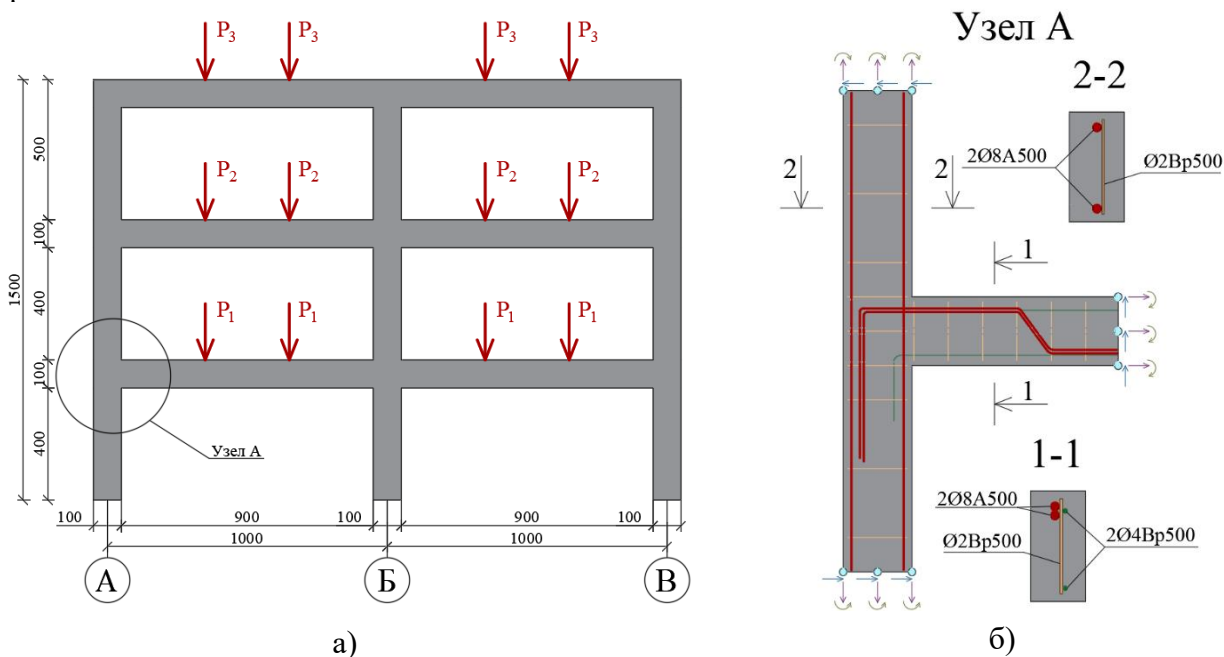


Рис. 1. а) Расчетная схема рамы, б) Расчетная схема узла А.

Построение конечно-элементной модели выполнено в ПК ЛИРА САПР.

Нагрузочные параметры следующие – $P_1 = 4,56$ кН, $P_2 = 3,65$ кН, $P_3 = 2,28$ кН. Нагрузка от внешних силовых факторов задается в виде сосредоточенных сил и распределяется по всем узлам равномерно.

Жесткостные характеристики представлены на Рис. 2,а. Стоит учесть, что жесткость арматуры задается, как жесткость бетона, но с учетом содержания в нем армирующего материала (Рис. 2,б.).

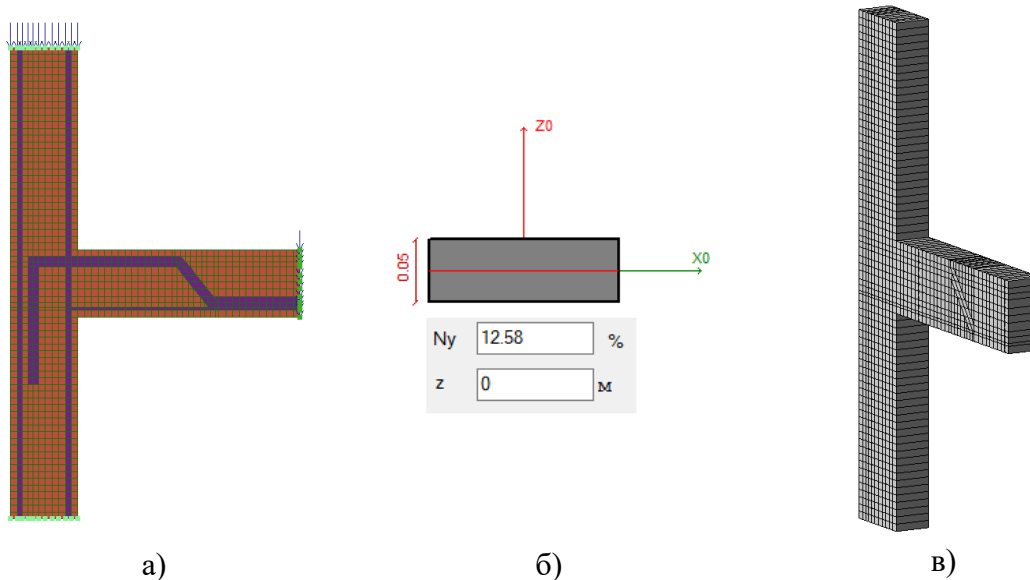


Рис. 2. а) Модель узла сопряжения ригеля с колонной в ПК; б) к определению жесткости армирующего материала; в) Модель в пространстве.

Жесткостные характеристики бетона и арматуры задаются с учетом нелинейного закона деформирования (Рис. 3.).

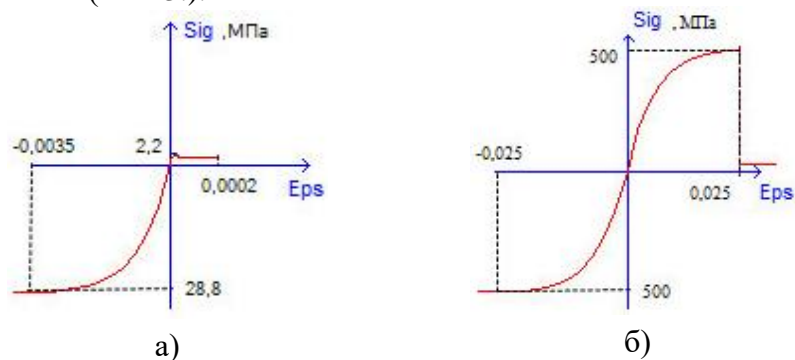


Рис. 3. а) График экспоненциального закона деформирования бетона; б) График экспоненциального закона деформирования арматуры.

Для задания податливости системы построены графики, описывающие граничные условия сопряжения конструктивных элементов между собой в зависим от действующих внутренних усилий и советующих им угловых и линейных деформаций (Рис. 4.).

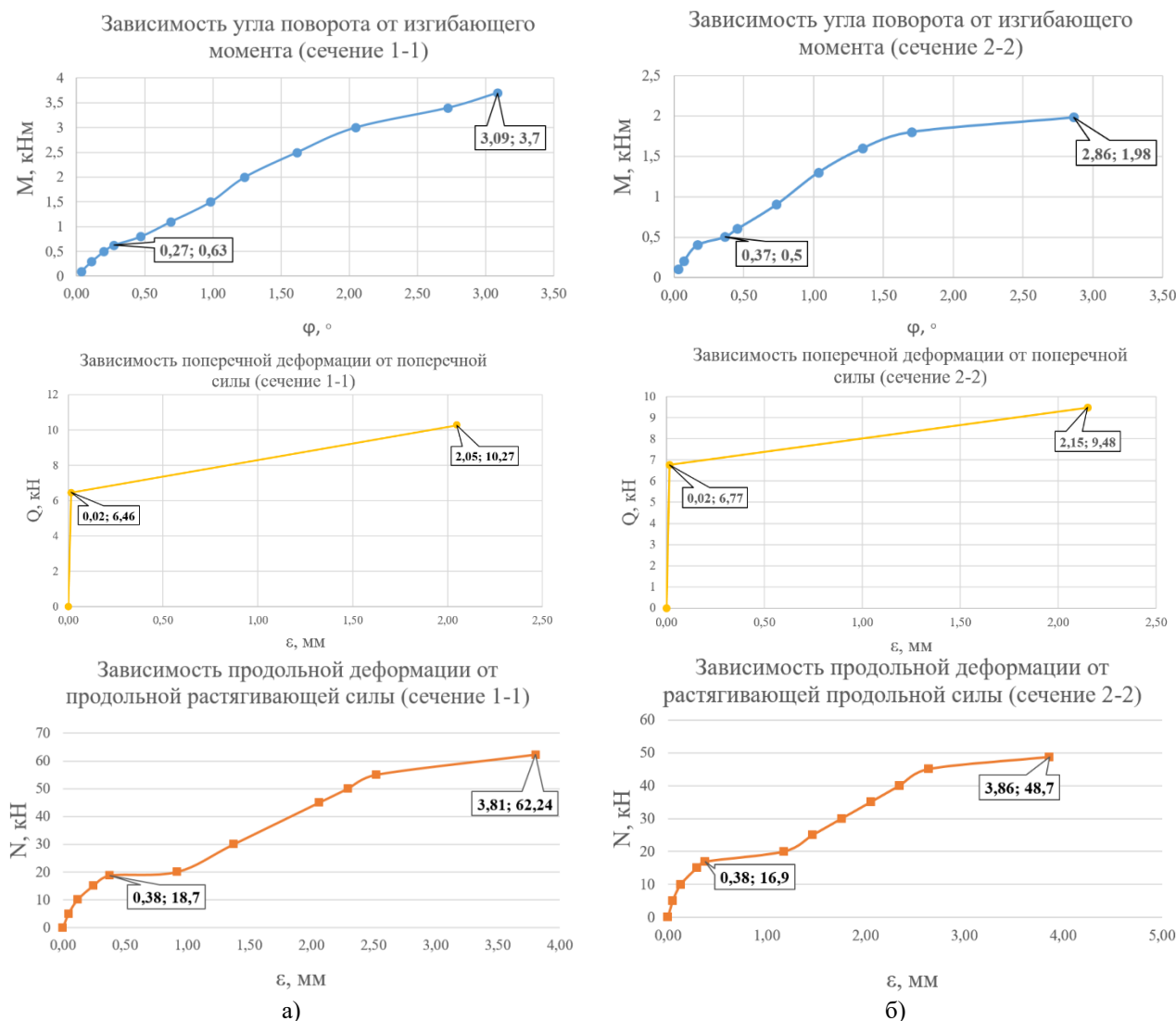


Рис. 4. а) Графики несущей способности сечения (1-1) ригеля; б) а) Графики несущей способности сечения (2-2) колонны.

Для дальнейшего анализа напряженно-деформированного состояния узла приняты две стадии жизненного цикла конструктивной системы: стадия эксплуатации и аварийное воздействие (удаление колонны нижележащего этажа).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Максимальные сжимающие напряжения в наиболее интересном сечении равны при эксплуатационных нагрузках 23,3 МПа, при аварийных – 34,7 МПа, увеличились в 1,5 раза. Максимальные растягивающие напряжения при эксплуатационных нагрузках равны 2,45 МПа, при аварийных – 40,3 МПа, увеличились в 16,5 раз (Рис. 5.).

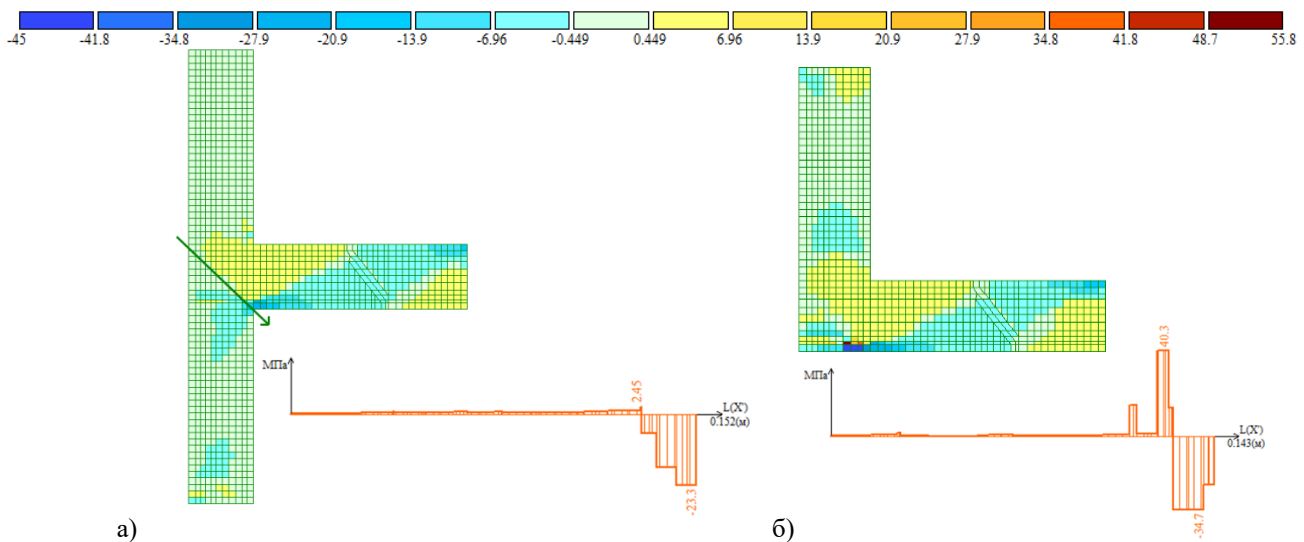


Рис. 5. а) Мозаика нормальные напряжения при эксплуатационных нагрузках; б) Мозаика нормальные напряжения при аварийных воздействиях.

При эксплуатационных нагрузках перемещения составили 5,6 мм, при аварийных увеличились до 7,4 мм, (увеличились на 32,1%) (Рис. 6). Согласно эстетико-психологических требованиям допустимые перемещения должны быть не больше 1/120 пролета [17], что соответствует 7,5 мм, даже при выключении из работы колонны, прогибы конструкции в пролетной части не привесили допуски. Максимальные перемещения при аварийном воздействии составили 1/23 пролета, допустимые перемещения при особых воздействиях не должны превышать 1/30 пролета [18].

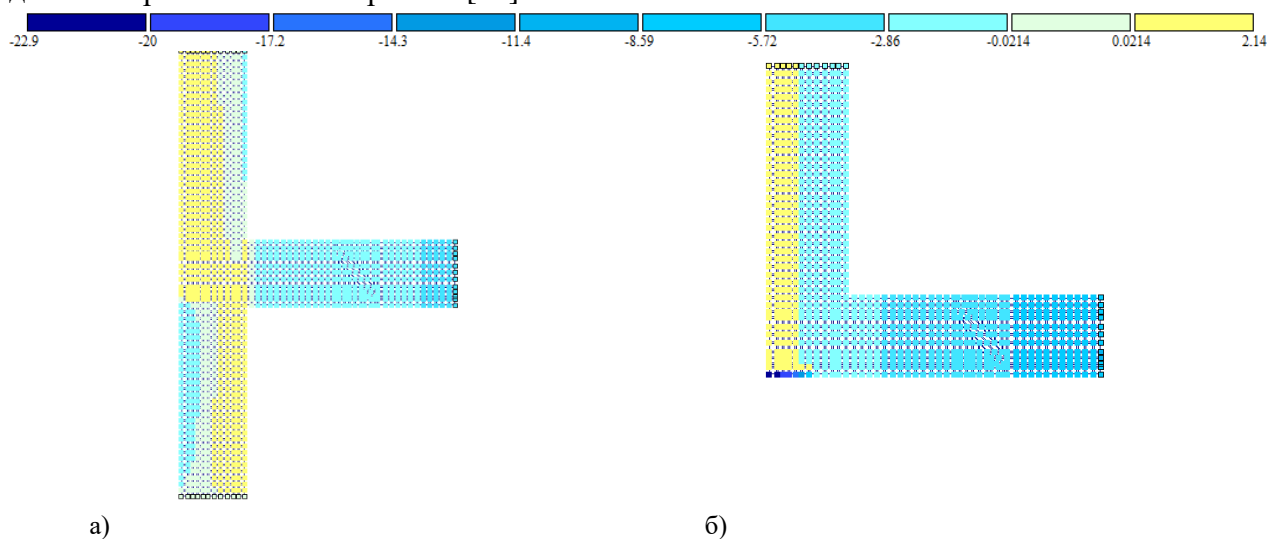


Рис. 6. а) Мозаика перемещений вдоль оси Z при эксплуатационных нагрузках; б) Мозаика перемещений вдоль оси Z при аварийных воздействиях.

ВЫВОДЫ

Выполнено моделирование узла рассматриваемой рамы с учетом граничных условий. Проведен расчетный анализ НДС узла при эксплуатационных нагрузках и при аварийном воздействии. Установлено, что в зоне примыкания ригеля с удаляемой колонной максимальные сжимающие напряжения увеличились в 1,5 раза, а максимальные растягивающие – в 16,5 раз, в следствии изменения знака эпюры изгибающих усилий. Максимальные перемещения составили 1/23 пролета, что не превышает предельно допустимых значений при особом предельном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меркулов, А. А. Расчетные модели многоэтажных каркасных зданий из сборных железобетонных конструкций с учетом податливости соединений (узлов сопряжения) / А. А. Меркулов, А. А. Карякин // *Строительная механика и расчет сооружений*. – 2008. – № 2(217). – С. 44-49.
2. Расчетно-экспериментальный метод анализа динамической прочности элементов железобетонных конструкций / Н. Н. Белов, О. В. Кабанцев, Д. Г. Копаница, Н. Т. Югов. – Томск: СТТ (Издательство "СТТ"), 2008. – 292 с.
3. Обзор методов расчёта железобетонных конструкций при сложных напряженных состояниях с учётом физической нелинейности, анизотропии и конструктивной неоднородности. Часть 1: Разработки отечественных учёных / Н. И. Карпенко, А. М. Белостоцкий, А. С. Павлов [и др.] // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году: Сборник научных трудов РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук*. Том 2. – Москва: Издательство АСВ, 2020. – С. 255-265.
4. Обзор критериев прочности железобетонных конструкций. Часть 2. Разработки зарубежных учёных / Н. И. Карпенко, А. М. Белостоцкий, А. С. Павлов [и др.] // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году: Сборник научных трудов РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук*. Том 2. – Москва: Издательство АСВ, 2020. – С. 290-298.
5. Белостоцкий А.М. Численное моделирование процессов деформирования конструкций, подверженных аварийным воздействиям / Белостоцкий А.М., Павлов А.С. // *Строительство и реконструкция* – 2015. – № 2(58) – С.51–56.
6. Травуш, В. И. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений / В. И. Травуш, В. И. Колчунов, Н. В. Клюева // *Промышленное и гражданское строительство*. – 2015. – № 3. – С. 4-11.
7. Травуш, В. И. Расчет параметра живучести рамно-стержневых конструктивных систем / В. И. Травуш, Н. В. Федорова // . – 2017. – № 1(45). – С. 21-28.
8. Проектирование защиты крупнопанельных зданий от прогрессирующего обрушения / В. И. Травуш, Г. И. Шапиро, В. И. Колчунов [и др.] // *Жилищное строительство*. – 2019. – № 3. – С. 40-46.
9. Моделирование напряженно-деформированного состояния приопорной зоны железобетонных балок / В. И. Травуш, С. Б. Крылов, Д. В. Конин, А. С. Крылов // *Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений (APCSCE 2018) : программа и тезисы докладов, Новосибирск, 01–08 июля 2018 года*. – Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2018. – С. 116.
10. Колчунов В.И. Анализ динамических нагружений в арматуре изгибаемых железобетонных элементов при хрупком разрушении бетонной матрицы / Колчунов В.И., Андросова Н.Б. // *Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура* – 2016. – № 4 – С.11–20.
11. Емельянов С.Г. Особенности проектирования узлов конструкций жилых и общественных зданий из панельно-рамных элементов для защиты от прогрессирующего обрушения / Емельянов С.Г., Федорова Н.В., Колчунов В.И. // *Строительные материалы* – 2017. – № 3 – С.23–26.
12. Бондаренко В.М. Экспозиция живучести железобетона / Бондаренко В.М., Колчунов В.И. // *Известия высших учебных заведений. Строительство* – 2007. – № 5 – С.4–8.
13. Федорова, Н. В. Деформирование и разрушение железобетонных рам со сложноподвижными элементами в запредельных состояниях / Н. В. Федорова, В. С. Московцева, С. Ю. Савин // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году: Сборник научных трудов РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук*. Том 2. – Москва: Издательство АСВ, 2022. – С. 458-468.
14. Федорова, Н. В. Анализ нелинейного статико-динамического деформирования железобетонных рам в запредельных состояниях / Н. В. Федорова, Н. Т. Ву, М. Д. Медянкин // . – 2021. – № 4(64). – С. 11-24.
15. Трекин, Н. Н. Пространственная работа несущих элементов каркасной системы с учетом нелинейности и податливости узловых сопряжений: специальность 05.23.01 "Строительные

- конструкции, здания и сооружения" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Н. Н. Трекин. – Москва, 2003. – 421 с.
16. Мамин, А. Н. Расчет железобетонных конструкций многоэтажных зданий с учетом нелинейности и изменяющейся податливости на основе многоуровневой дискретизации несущих систем: специальность 05.23.01 "Строительные конструкции, здания и сооружения": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Мамин Александр Николаевич. – Москва, 2005. – 437 с.
17. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия: актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 3.12.2016 г. № 891/пр и введен в действие с 20.06.2019. – Москва: Стандартинформ 2019. – 119 с.
18. СП 385.1325800.2018. Свод правил. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 5.07.2018 г. № 393/пр и введен в действие с 06.01.2019. – Москва: Стандартинформ 2018. – 24 с.

Секция 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕХАНИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ASSESSING THE DISTRIBUTION OF STATISTICAL HETEROGENEITY OF THE SOIL DEFORMATION MODULUS BASED ON STATIC SOIL SENSING.

Nune, Tigabu Abera¹, L. V. Kirianova²

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, 129337, Russian Federation

¹ *tigabera2004@gmail.com*

² *KiryanovaLV@mgsu.ru*

Abstract

Cone penetration testing (CPT) has become one of the most commonly adopted in situ tests for site investigations, due to its reliability and repeatability of the measurements and the potential for direct use in design. CPT data we performed to a depth 5m in sandy soils within an area of 50x50m² of 232 datasets, the significant of cone resistance force were analysis used statistical methods. The heterogeneity of soil deformation modulus was vertical and horizontally in three-dimensional plane analyzed. Data was shows vertically heterogeneity soil deformation but horizontally not heterogeneity.

INTRODUCTION

A Building rests on a foundation designed to transfer structural loads and other payloads to the foundation soils. The base, perceiving these loads, experiences predominantly uneven deformations, which causes the appearance of additional displacements and forces in the structures. Improper preparation of foundations and erection of foundations can lead to the fact that the structure no longer meets the operational requirements [7].

With the gradual construction of a structure, an increase in load causes a gradual increase in the subsidence of the foundation. To determine the deformation characteristics of soils, static sounding data are used. For most industrial and civil structures, it provides accurate predictive settlement values.

In order to move on to more aggregated forecasts of foundation settlement, it is necessary to know how soil characteristics change. To do this, tests are carried out with a large number of sounding points and with a smaller step, thus it is possible to simulate changes in the heel or settlement of foundations depending on a random process, just a random spread of soil characteristics, for example, the modulus of deformation[6].

Due to the design of the structure, even if the strength of the soil is ensuring the deformations of the base occur. Usually they are uneven in nature and cause a redistribution of efforts in the structures of the Structure. Under certain conditions, this can make the structure work normally, and in some cases even lead to its failure [3].

Of interest in this work is the study of the factor of statistical heterogeneity of soil properties, namely, the modulus of soil deformation in x, y, and z planes.

This question is very important when considering the settlement of foundations. The fact is that when calculating the characteristics of the soil, they are distinguished very discretely.

Namely, the measurements will be at five points at 100-200 meters. In addition, due to averaging, some averaging of these characteristics also occurs, these characteristics become the same. In order to move on to more accurate basement predictions, it is necessary to know how soil characteristics change. To do this, the test is carried out at a larger number of points with a smaller step, thus it is possible to model the change in the heel or settlement of the foundations depending

on the random spread of soil characteristics, for example, the deformation modulus. In this paper, we will develop a method for estimating the distribution of statistical inhomogeneity of the soil deformation modulus in depth based on static sounding data by methods of correlation and spectral analysis using the Mat lab software and computing system.

For less cohesive soils, it is possible to obtain correlations with some geotechnical parameters and field tests and use the results in a quantitative assessment for foundation design, if the friction along the bars is negligible or properly corrected.

Cone penetration or cone penetrometer (CPT) is a technique used to determine the geotechnical properties of soils and delineate soil stratigraphy. It was originally developed in the 1950s at the Dutch Soil Mechanics Laboratory in Delft to study soft soils. Based on this story, it was also called "Dutch carob dough". Today, CPT is one of the most commonly used and recognized soil testing methods worldwide [1].

THEORETICAL PART

1.1. Static sound

CPT is currently one of the main methods for studying soil conditions. Methods for determining the modulus of deformation of unbounded pavement materials vary considerably. The static response of a sensor refers to the ratio between the output and input of a sensor relative to a static input. Since the input and output are independent of time, the relationship between them is that the static response of the sensor is an algebraic equation without time variables, with the input is used as the abscissa and the corresponding output is used as the plotted characteristic curve along the Y-axis. Described which simply means the relationship between the output and input of the system when the input of the detection system is a constant signal that does not change with time.

1.2. Cone penetration test (cpt)

In a cone penetration test, a cone penetrometer connected to the end of a row of rods is hydraulically pressed into the ground at a constant speed (2 cm/s) and continuous cone penetrometer resistance measurements are recorded. The reference tester consists of a cone with 60° an apex angle and a diameter of 35.7 mm (mc^2 cross-sectional area 10) and $150mc^2$.

The friction sleeve is located above the cone. Resistance values are measured as the combined penetration resistance of the cone as tip resistance (q_c) and friction bushing resistance as friction resistance (f_s). Connecting additional sensors to the CPT system to measure water pore pressure, verticality, shear wave velocity, etc. can also provide relevant data in addition to tip resistance and friction. Both the cone and the sleeve must be made of steel of the type and hardness to resist wear due to abrasion. The cone must have and supported in use with a roughness $\mu \leq 1 \mu\text{m}$ and the friction bushing must have a roughness of $0.5 \mu\text{m} \pm 50\%$.

Coefficient of Friction: As mentioned above, the coefficient of friction FR often used in conjunction with q_c in empirically derived charts to aid in soil classification. The coefficient of friction defined as the ratio between f_s and q_c and usually expressed as a percentage:

$$FR = \frac{f_s * 100}{q_c}$$

In static sounding, the most commonly measured: The specific resistance of the soil under the cone, (MPa or KPa) in the form of the resistance force of this soil to the penetration of the cone into it, referred to the area of the base of the cone.

Ground resistance on the side surface of the probe, (KN), which is the soil resistance on the side surface of the entire buried part of the rod [2].

Static sounding determines indicators: Separation of a geological section and selection of an engineering-geological element (basic soil complex): Physical characteristics of soils, Deformation properties of soils, Strength properties of soils.

Soil resistance of pile foundations and Possibilities of driving piles into soils and bearing capacity of piles. [5]

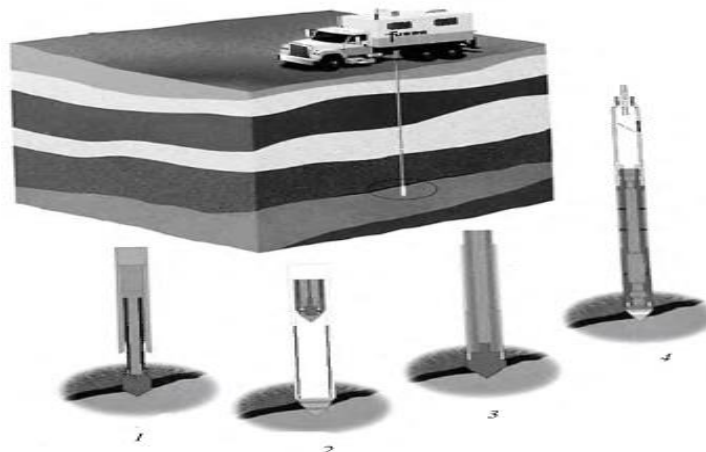


Figure 1.2.1. General view of the tunneling self-propelled unit

For sandy soils, there is a linear dependence of the soil deformation modulus and the resistance of the probe cone, namely:

$$E_0 = 3q_c \quad (1.1)$$

Where E_0 the modulus of soil deformation is, q_c is the resistance of the probe cone.

1.3. Objectives:

In this paper, we assessing a method for estimating the distribution of statistical heterogeneity of the soil deformation modulus based on static sounding of soils, the influence of spatial variability of soil parameters on geotechnical and structural estimates of reference CPT data. Soil sounding taking into account several modes of destruction. For most industrial and civil structures, it allows you to get accurate values of the predicted settlement.

LITERATURE REVIEW

Important fields of use in geotechnical engineering were the correlations between the cone tip resistance and other soil mechanical properties. These correlations mainly based on regression analysis of CPT and laboratory or in-situ tests, and include an uncertainty, which expressed by the coefficient of determination R^2 of the regression. If used with proper caution (verifying the similar geological conditions and soil types of the site in question and of the ones used for setting up the correlations), as in-situ measurements, they can support and improve the selection of representative values in a geotechnical model[10].

DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGY

3.1. Research data

In this work, the data of statistical sounding of the area were investigated.

Entrance: The work based on the resistance data of the probe cone under the lower end of the penetrometer cone at a depth of 5000 mm in the plane every 5 mm.

Output: Descriptive statistics of soil deformation modulus by Correlation function of soil deformation modulus in plan, Correlation radius of soil deformation modulus in plane, Spectral density of soil deformation modulus in plane.

The essence of the problem is to use the methods of mathematical statistics to assess the inhomogeneity of the modulus of soil deformation in plan according to statistical sounding data. Before starting evaluation and simulation, it is necessary to convert the original probe cone resistance data into deformation modulus data, check the data for homogeneity, and determine the

amount of correlation between the values. Based on these data, an appropriate spectrum selected for modeling statistical inhomogeneity.

Site location

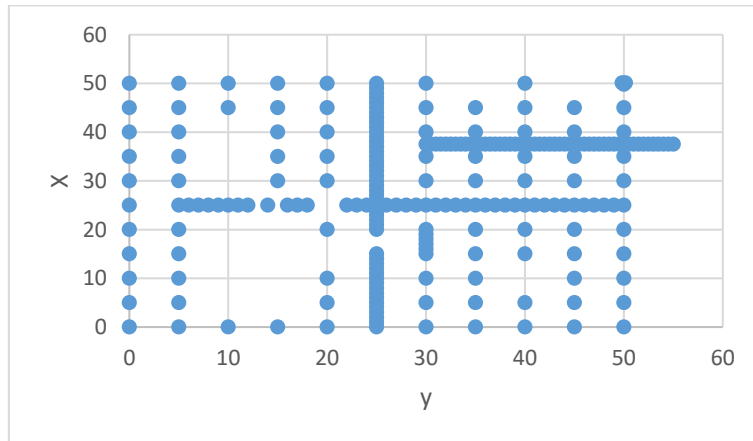


Figure 3.1. Location of datasets

RESULTS OF THE STUDY

4.1. Equal Means Hypothesis Test

Checking the homogeneity of two samples was carried according to Student's criterion (or t-criterion). Consider the statement of the problem of checking the homogeneity of samples. It is necessary to test the hypothesis that the total means of the two samples are equal. Using the data analysis package built into Excel, we will find the basic data of descriptive statistics.

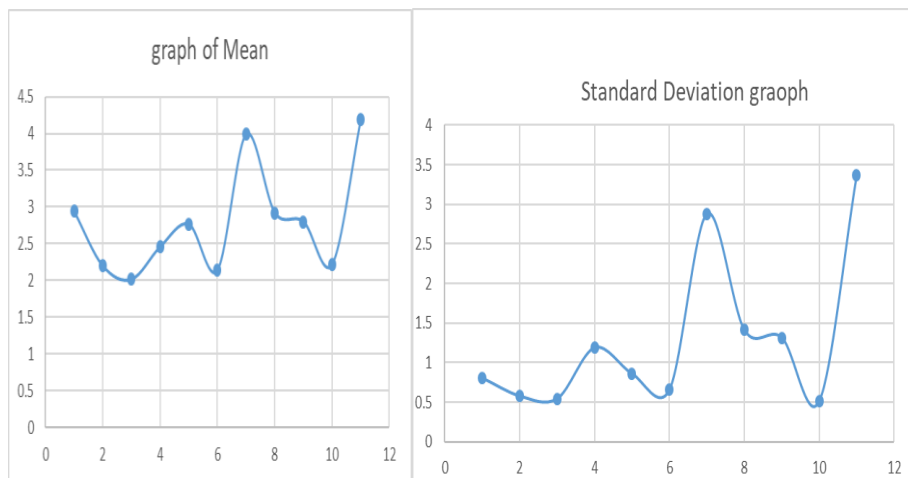


Figure 4.1. Descriptive statistics of data on the modulus of deformation along the "y" axis

Using the "Data Analysis" package built into Excel, we will use the analysis of variance method (ANOVA, Analysis Of Variance), which analyzes the influence of the strain modulus values depending on the location of the test along the OX and OY axes every meter. With the help of analysis of variance, you can test the hypothesis that the mean values of the samples are equal.

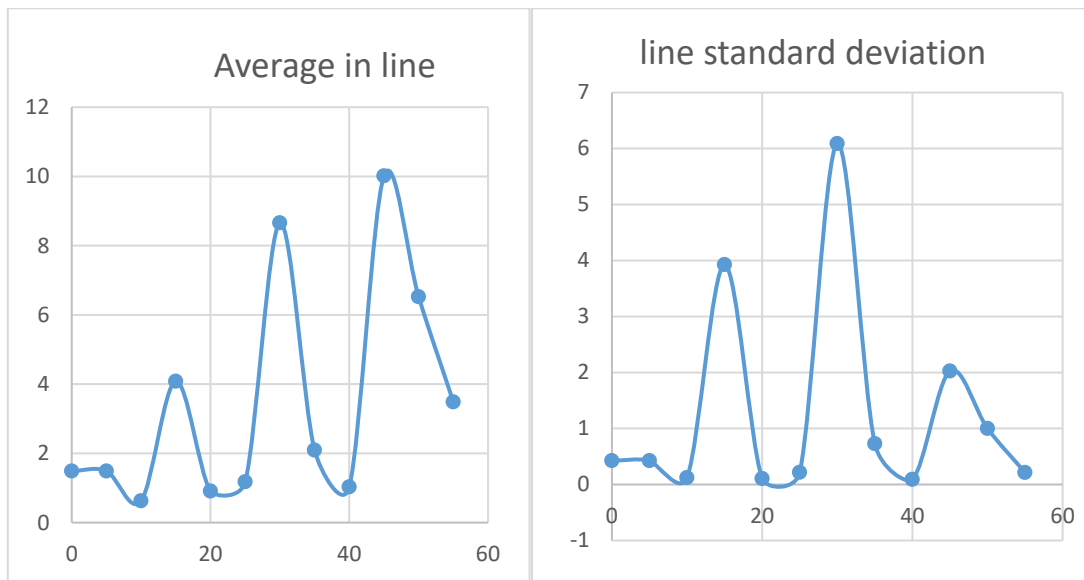


Figure 4.2. Descriptive statistics of data on the modulus of deformation along the "x" axis

Therefore, we conclude that the value of the t-statistic is greater than the p-critical value, which implies that we accept the hypothesis of equality of means, i.e., the means do not depend on points along the y-axis.

To verify the absolute homogeneity of the data, we will test the hypothesis about the equality of the averages along the x-axis.

Conclusion: The data is homogeneous, since the hypothesis about the equality of the average values along the two axes X and Y, that is, in the plan, we will model a stationary process.

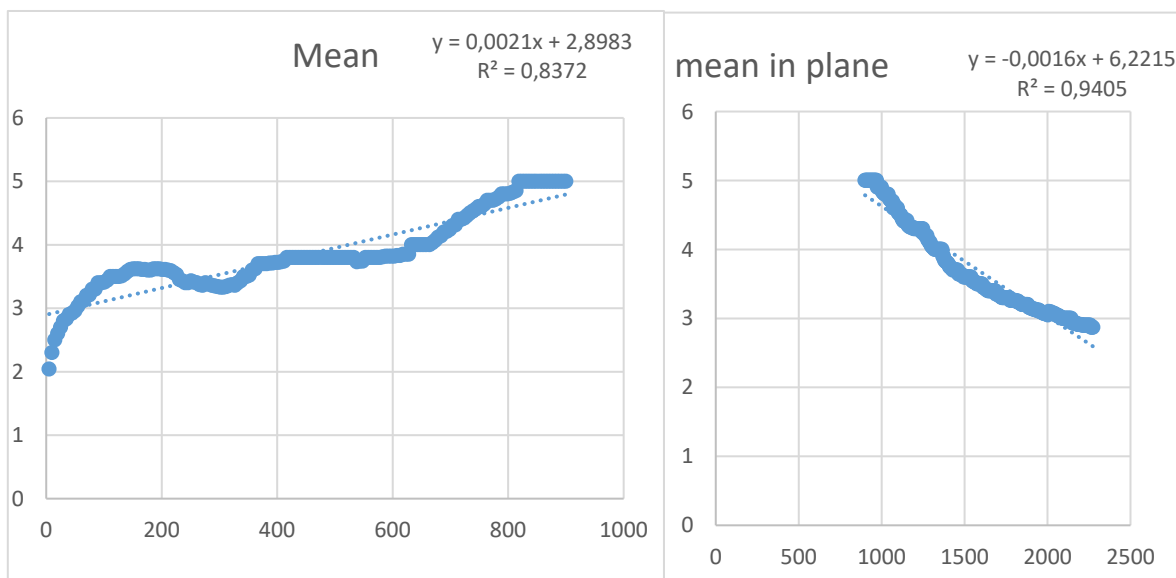


Figure 4.3. Model of linear regression of the modulus of deformation of a horizontal line in plan

4.2. Determination of the modulus of deformation by resistivity

Since the task is to estimate the distribution of the statistical inhomogeneity of the soil deformation modulus, and initially there are only data on the resistance of the probe cone, we will find the soil deformation modulus.

A table of the dependence of the modulus of deformation on the resistivity of sands (soil), adopted in the Russian regulatory document SP 11-105-97, is given.

Sands	Normative modulus of deformation of sand grains E at q_c , MPa									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
All genetic types, except alluvial and fluvio-glacial	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60

4.3. Correlation radius and testing the hypothesis about the significance of the relationship

When testing the hypothesis about the significance of the relationship, the correlation coefficient takes into account Student's statistics

$$T_n = \sqrt{n-2} * \frac{r}{\sqrt{1-r^2}}$$

Where n is the sample size, r is the sample correlation coefficient. Distribution statistics T_n have a Student's distribution with the number of degrees of freedom equal to the sample size minus two ($n - 2$). The value of $|r| = 0.33 \geq 0.01$, the value of the correlation coefficient considered insignificant.

4.5. Choice of correlation function in modulus of deformation to determine the corresponding spectrum

A parametric method for estimating the correlation function is used, since it gives an unbiased effective estimate. It consists in finding a connection equation in which the effective feature depends only on the parameter (or several parameters) of interest to us. All other factors that also affect the result were taken as constant average values. Since few points are used, we use a correlation function to determine the spectrum. According to the verification data, the correlation function corresponds to

$$K(x, y, z) = e^{(-a*|x|-b|y|-c|z|)}$$

Sample Mat lab result

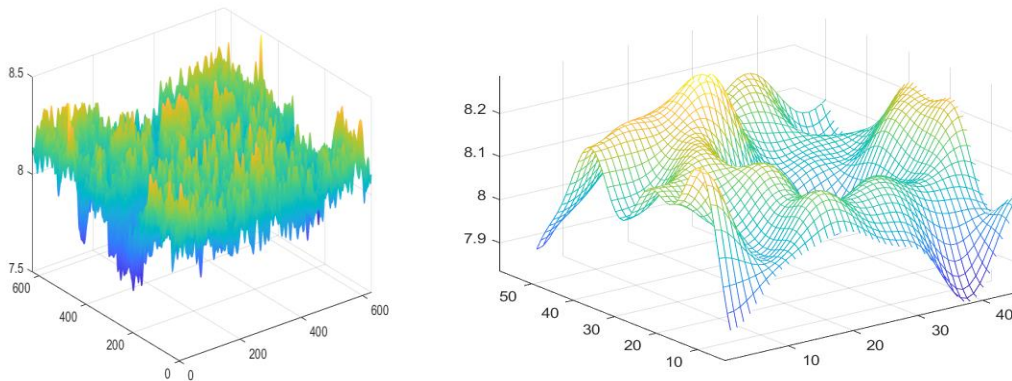


Figure 2.10.4. - The surface of the modulus of deformation in the area of 50 by 50 mm in increments of 0.08 with the results of testing values

CONCLUSIONS

Establishment of correlations: An important element of statistical analysis is the grouping of soils according to the nature of the relationship between the target parameter and the CPT parameters. At this stage, group elements are selected, which are measured or calculated in GST (ground sounding data), whose values best highlight groups of soils with similar behavior of correlations and soil deformation occurs only in the direction of load application.

The data on the resistance of the probe cone q_c relative to the depth of immersion, it is possible to obtain the dependences of the change in the deformation modulus with depth, taking into

account random processes based on the methods of correlation and spectral analysis using the Matlab software and computer complex.

According to my result, the deformation modulus of the horizontal plane of the soil strongly correlated, while the vertical one is weakly correlated, which implies that the fields are uneven with depth, it shows uniformity in the plane.

The simulated models of random processes are statistically identical (because they have the same distribution and spectral density) to the initial dependences of the soil deformation modulus on the depth of penetration of the probe into the soil, which confirms the correctness of the simulation. To expand the model, it is necessary significantly increase the number of processing of sounding points.

REFERENCES

1. Bazhenov, V.G. Mathematical modeling of non-stationary processes of impact and penetration of axisymmetric bodies and identification of properties of soil media / V.G. Bazhenov, V.L. Kotov. - M.: Fizmatlit, 2011. - 208 p.
2. Ivchenko, G. Ya. Introduction to mathematical statistics / G. I. Ivchenko, Yu. I. Medvedev. – M.: LKI, 2010. – 600 p.
3. Ukhov, S.B. Soil mechanics, bases and foundations: A textbook for builders. Specialist. Universities / S.B. Ukhov, V.V. Semenov, V.V. Znamensky [i dr.]. - M.: Higher school, 2010. - 566 p.
4. Kobzar, A.I. Applied mathematical statistics. For engineers and scientists / A.I. Kobzar. - M.: FIZMATLIT, 2012. - 816 p.
5. Ryzhkov I.B., Isaev O.N. Static sounding of soils. Monograph. - M.: Publishing house Association of construction universities, 2010. - 496 p.
6. Grumman, V.E. Probability Theory and Mathematical Statistics: A Textbook for Applied Baccalaureate / V.E. Grumman. - Lyubertsy: Yurayt, 2016. - 479 p.
7. Sakharov, M.S. Engineering-geological and engineering geotechnical surveys: Textbook. St. Petersburg, 2014. - 103 p.
8. Borovkov, A.A. Mathematical statistics: Textbook / A.A. Borovkov. - St. Petersburg: Lan, 2010. - 704 p.
9. Kalinin, V.N. Probability theory and mathematical statistics: Textbook for bachelors / V.N. Kalinin. - M.: Yurayt, 2013. - 472 p.
10. Lune T, Robertson PK., Powell JJM, Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice, Blackie Academic & Professional; London, 1997, ISBN 9780419237501.

АНАЛИЗ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА

А. И. Ахметова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
adelina.akhmetova02@gmail.com

Аннотация

Предмет исследования: Бетонные образцы при одноосном сжатии.

Цели: Анализировать поведение бетона при одноосном сжатии.

Материалы и методы: с использованием диаграммных методов описывать связи между напряжениями и деформациями при одноосном напряженном состоянии.

Результаты и выводы: Выявлены достоинства и недостатки существующих диаграмм деформирования бетона, широко применяемых при расчете железобетонных конструкций.

ВВЕДЕНИЕ

Бетон является одним из основных строительных материалов в настоящее время. Его используют как снаружи здания, так и внутри. То есть бетон подвергается силовым и несиловым воздействиям различной интенсивности. Это обуславливает необходимость сбора и анализа опытных данных для создания моделей напряженно-деформированного состояния (НДС) бетона. С их помощью появляется возможность осуществлять расчеты с различной степенью точности, учитывая номенклатуру бетона и его поведение при заданных параметрах нагрузок минуя большое количество эмпирических данных. Именно поэтому мы используем диаграммный метод для описания деформирования бетона.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В данной работе мы в основном затронем поведение бетона при сжатии, нежели при растяжении. Воспользуемся зависимостями между компонентами напряжений и компонентами деформаций, которые приведены в различных научных публикациях [1-3] нормативных документах.

В расчетах конструкций необходимо учитывать зависимость деформаций материала от прикладываемой нагрузки, она является основной характеристикой. Поскольку эту зависимость получают экспериментально, основной задачей экспериментатора является обеспечение достоверности полученных данных и последующее построение диаграммы $\sigma \sim \varepsilon$. Модель деформаций присутствует в различных нормативных документах, основу которых составляют диаграммы деформирования бетона и арматуры. Диаграммы напряженно деформированного состояния бетона можно разделить на полилинейные и нелинейные.

Нелинейные диаграммы представляют собой криволинейную зависимость деформаций от напряжений и дают более точное описание работы бетона. В практике из-за сложности своего построения данный тип диаграмм используется довольно редко [4-5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полилинейные диаграммы используют прямолинейные участки, соединяющие характерные точки на аппроксимационной кривой $\sigma \sim \varepsilon$ для описания работы бетона. На данный момент они являются основным методом расчета в РФ и приведены в СП 63.13330.2018 (далее СП), а именно рассматривают двух- и трехлинейные зависимости сжимающих напряжений бетона σ_b от относительных деформаций ε_b :

1) При трёхлинейной диаграмме (рис. 1):

$$\sigma_b = \begin{cases} E_b \times \varepsilon_b, & 0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}, \\ \left[\left(1 - \frac{\sigma_{b1}}{R_b} \right) \times \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{b1}}{\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{b1}} + \frac{\sigma_{b1}}{R_b} \right] \times R_b, & \varepsilon_{b1} < \varepsilon_b < \varepsilon_{b0}, \\ R_b, & \varepsilon_{b0} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}. \end{cases} \quad (1)$$

Напряжениям σ_{b1} задают значения $\sigma_{b1} = 0.6 \times R_b$, а относительные деформации ε_{b1} вычисляются по формуле $\varepsilon_{b1} = \frac{\sigma_{b1}}{E_b}$. Значения относительных деформаций ε_{b2} принимают в зависимости от классификации бетона и продолжительности действия нагрузки.

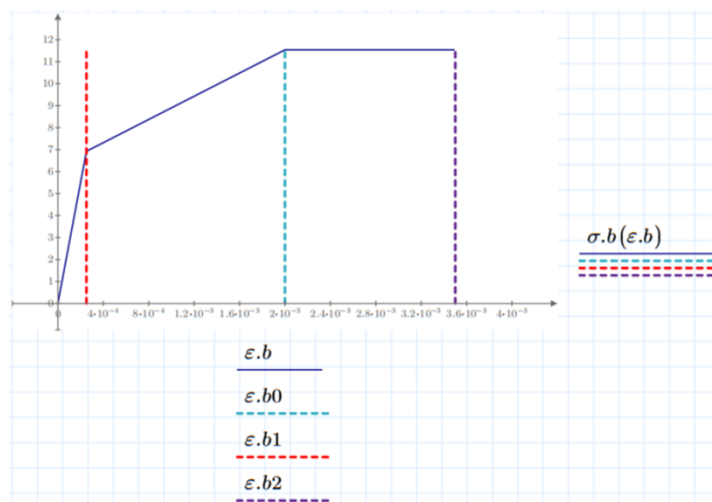


Рис. 1. Трёхлинейная диаграмма

2) При двухлинейной диаграмме (рис. 2):

$$\sigma_b = \begin{cases} E_{b,red} \times \varepsilon_b; & 0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}, \\ R_b; & \varepsilon_{b1} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\varepsilon_{b1} = \frac{R_b}{E_{b,red}}$ и $E_{b,red} = \frac{R_b}{\varepsilon_{b1,red}}$. Значения относительных деформаций $\varepsilon_{b1,red}$ определяются в зависимости от классификации бетона и продолжительности действия нагрузки.

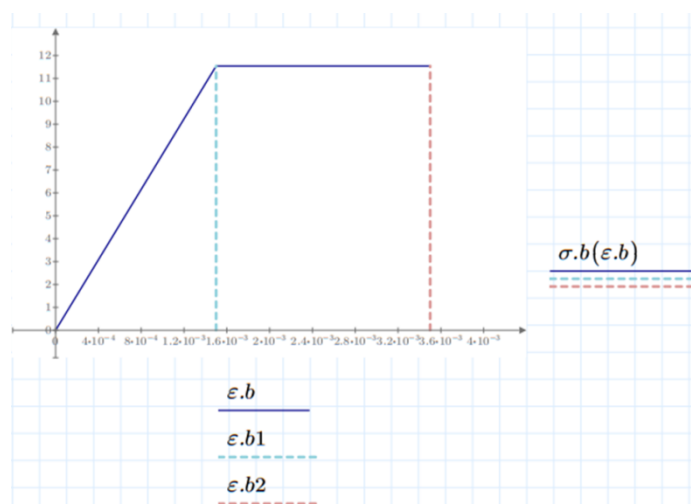


Рис. 2. Двухлинейная диаграмма

Проанализировав полученные диаграммы для бетона класса В20, можем сделать вывод, что обе диаграммы некорректно описывают зависимость между напряжениями и деформациями, упрощают исходные данные, так как диаграмма деформирования бетона криволинейна с самого начала. Для ЭВМ и экспертов, занимающихся проверкой расчетов это упрощает работу с вычислениями, тем самым скорость получения расчетных данных увеличивается и процесс проектирования «убыстряется». Но тем самым мы отсекаем часть данных, полученных опытным путем. Это является «-» данных диаграмм, потому что мы преследуем цель получения зависимости, которая как можно точнее показывает НДС бетона.

Далее перейдем к рассмотрению зарубежных диаграмм $\sigma \sim \varepsilon$ бетона (рис. 3). Нормативным документом для некоторых европейских стран является EuroCode 2. В нем рассматривают нелинейную модель НДС бетона, в которой взаимосвязь между напряжениями и относительными деформациями представлена следующими зависимостями:

$$\sigma_c = \begin{cases} f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right], & 0 \leq |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{c2}|, \\ f_{cd}, & |\varepsilon_{c2}| \leq |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{cu2}|, \end{cases} \quad (3)$$

где f_{cd} – расчетное сопротивление бетона сжатию; n – показатель степени (табличное значение); ε_{c2} – относительные деформации, соответствующие максимальным напряжениям на диаграмме (табличное значение); ε_{cu2} – расчетные предельные относительные деформации бетона (табличное значение).

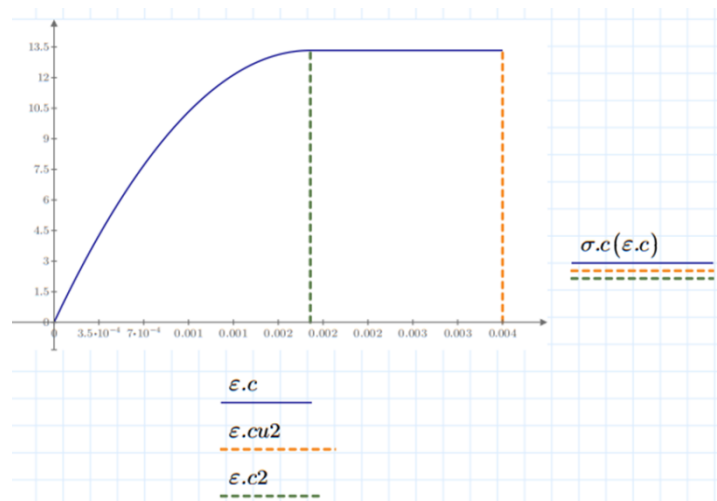


Рис. 3. Зарубежная диаграмма $\sigma \sim \varepsilon$ бетона

По данной диаграмме мы можем отметить сходство с предыдущими диаграммами, представленными в СП: 1) наличие прямолинейного участка при достижении максимальных относительных деформаций 2) одинаковые значения как начальных, так и конечных относительных деформаций для бетона данного класса. Наличие параболического участка существенно корректирует значения, получаемые при расчете. Но нельзя называть подобную диаграмму достоверной, так как реальный график деформирования бетона имеет ниспадающую ветвь.

Основоположником существующей криволинейной диаграммы деформирования бетона в EuroCode 2 можно считать зависимость, представленную в 1991 г. в СЕВ-FIP (рис. 4):

$$\sigma = \frac{E_c \times \frac{\varepsilon}{f_c} - \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_c}\right)^2}{1 + \left(E_c \times \frac{\varepsilon}{f_c} - 2\right) \frac{\varepsilon}{\varepsilon_c}} f_c, \quad (4)$$

где f_c – расчетное сопротивление бетона сжатию; ε_c – относительные деформации, соответствующие максимальным напряжениям на диаграмме (табличное значение).

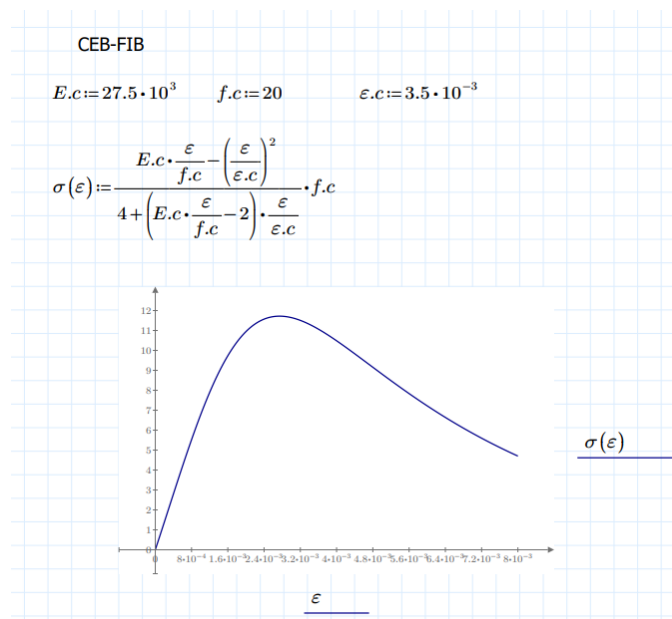


Рис. 4. Зависимость, представленная в CEB-FIP

ВЫВОДЫ

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что каждая из моделей напряженно-деформированного состояния бетона находит свое применение в строительных расчетах. Методы построения зависимости между напряжениями и деформациями корректируются и уточняются до сих пор. Возможно, в будущем нам удастся найти удобный с точки зрения расчета и наиболее достоверный с точки зрения реальной работы бетона график зависимости. Исследовательская работа в данной области продолжается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панфилов Д.А., Пищулев А.А., Гимадетдинов К.И. Обзор существующих диаграмм деформирования бетона при сжатии в отечественных и зарубежных нормативных документах // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 3. С. 80-84.
2. Римшин В.И., Кришан А.Л., Мухаметзянов А.И. Построение диаграммы деформирования одноосно сжатого бетона // Вестник МГСУ. 2015. № 6. С. 23-31.
3. Мурашкин В.Г. К вопросу применения моделей деформирования бетона при реконструкции // Эксперт теория и практика. 2022. Т. 4. № 19. С. 41-44.
4. Трещев А.А., Захарова И.А., Судакова И.А. О вариантах выбора диаграмм деформирования композитных материалов и не только // Эксперт теория и практика. 2022. Т. 2. № 17. С. 81-90.
5. Колчунов В.И., Колчунов В.И., Федорова Н.В. Деформационные модели железобетона при особых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 54-60.

Секция 4. УСТОЙЧИВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК «ЗЕЛЁНЫХ» КРЫШ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОКРЫТИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В ГОРОДЕ ТУЛА

А. Ю. Лапин¹, Е. В. Сысоева²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ aleksej.lapin.1999@mail.ru

² sysoevaev@mgsu.ru

Аннотация

Предмет исследования: Изучение теплофизических свойств современных систем «зелёных» крыш и их влияние на энергоэффективность ограждающих конструкций покрытий жилых зданий в городе Тула.

Цели: В рамках исследования выполнено обоснование необходимости внедрения систем «зелёных» крыш на территории Тульской области с использованием методов математической статистики, прогнозирования на основе линейной трендовой модели, выполнения ряда корреляционных расчетов и регрессионного анализа. На основании полученных данных проведён имитационный анализ с целью исследования эффекта внедрения технологий «зелёных» крыш в регионе. Осуществлено определение теплофизических характеристик двух основных современных конструкций «зелёных» крыш, представленных на рынке строительного проектирования: традиционной и инверсионной. Исследование включает в себя анализ распределения температуры в толще указанных конструкций с учетом климатических параметров и проведение модельного эксперимента возможности использования аккумулирующих свойств толщи покрытий двух типов крыш с целью поддержания комфортных условий проживания. На основе полученных данных проведён сравнительный теплотехнический расчет традиционной конструкции плоской крыши из наплавляемых битумных материалов и плоской крыши с верхним поверхностным слоем из субстрата с зелеными насаждениями.

Материалы и методы: Были использованы методы математической статистики, прогнозирования, корреляционного анализа, регрессионного моделирования, проведена систематизация опыта отечественных и зарубежных исследований в области проектирования/обслуживания/эксплуатации «зелёных крыш», осуществлен ряд расчетов с применением программ инженерного анализа для двумерного моделирования методом конечных элементов при решении тепловых задач.

Результаты: Получены статистические прогнозные данные экологических параметров города Тулы, сформирована корреляционно-регрессионная модель, позволяющая оценить эффект внедрения «зелёных» крыш в регионе, выполнен имитационный анализ, выявлены наиболее перспективные технологические решения современных «зелёных» крыш с точки зрения теплофизических свойств конструкций, проведен эксперимент для изучения аккумулятивных возможностей вышеуказанных покрытий с использованием программных комплексов, выполнен сравнительный теплотехнический расчет традиционной системы крыши с битумными наплавляемыми материалами и «экологической» крыши с зелеными насаждениями.

Выводы: По результатам исследования были определены факторы экологического риска региона, составлена корреляционно-регрессионная модель, позволяющая рационально

оценивать перспективы дальнейшего развития территорий. Данные исследования теплофизических свойств современных систем «зелёных» крыш повышают обоснованность выбора технологических решений конструкций. Анализ аккумуляционных свойств покрытий подтверждает перспективность внедрения «зелёных» крыш для повышения энергоэффективности и проведения дальнейших исследований в области тепловой инерции зданий.

ВВЕДЕНИЕ

Зелёные крыши в рамках широко урбанизированных территорий современных городов позволяют решать существенное количество экологических проблем, с которыми повсеместно сталкиваются как городские службы, так и простые граждане: в аспектах управления ливневыми стоками, загрязнения атмосферы выхлопными газами, мелкодисперсными частицами пыли, концентрация которых не только негативно сказывается на здоровье, но и на образовании городского острова тепла, в то время как «зелёные» крыши позволяют понизить общую температуру поверхности городской среды. Кроме экологических факторов, системы подобных крыш позволяют снизить затраты на периодический ремонт покрытия, продлевая общий срок службы функциональных слоев конструкции, повысить звукоизолирующие качества покрытия, снизить температуру нижележащих помещений в летний период и сохранить тепло в зимний, снижая теплопотери здания через внешнюю оболочку.

Обеспечение заданного уровня энергоэффективности ограждающих конструкций зданий является одной из основных задач современного проектирования и строительства, в тоже время формируются задачи экологического развития городов, диктуемые вновь вводимыми нормативными правовыми актами, начиная от Постановлений Президента, Правительства Российской Федерации, заканчивая постановлениями регионального Правительства и муниципальными программами [1-3]. В следствие этого, возникает потребность в оценке возможности совместного решения аспектов энергоэффективности и экологии, путем внедрения систем «зелёных» крыш.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При изучении литературы по теме большое внимание уделялось анализу отечественных и зарубежных исследований, посвященных экологическим параметрам «зелёных» крыш, способность конструкции улавливать существенное количество мелкодисперсных частиц PM_{2,5} подтверждается различными научными исследованиями, так в сценариях плоских озеленений в результате эксперимента удалось снизить до 2-4 мкг/м³ уровень концентрации частиц, при объемном озеленении до 10 мкг/м³ в сравнении с участками без озеленения [4], с 20 гектаров земли было уловлено почти 2 тысячи килограмм различных загрязняющих атмосферных элементов «зелёными» крышами по итогам эксперимента в Чикаго [5], проблема ливневых стоков в крупных городах может быть решена путем использования «зелёных» экосистем в качестве покрытия, предлагаются подходы, связанные с аспектами накопления, фильтрации, подачи и повторным использованием воды [6], было обосновано, что сокращение ливневых стоков может достигать 50% от общего объема для отдельных зданий и 3% в масштабах городской среды при использовании подобных подходов [7]. Проблемы шумового загрязнения также могут быть решены внедрением «зелёных» крыш, так в результате эксперимента с использованием шумомера - уровень шума сократился на 2 дБ в сравнении со смежными не озелененными участками [8]. Снижение общей амплитуды колебаний, пиковой температуры окружающего воздуха в крупных городах на 1,5-2°C с использованием математических моделей и натуральных экспериментов, подтверждает способность «зелёных» крыш затенением, изменением альбедо, испарением уменьшать воздействие эффекта городского острова тепла, повышая в жаркий летний период климатический комфорт урбанизированных территорий. По результатам проведенных

натурных испытаний макета «зелёной» крыши в лаборатории НИУ МГСУ на теплопроводность с использованием испытательного климатического стенда в статье [9] – была зафиксирована возможность повышения теплозащитных характеристик покрытия более чем на 70%, Европейский эксперимент, приведенный в статье [10], с целью получения количественных показателей экономии электроэнергии за счет энергоэффективности покрытий с использованием «зелёных» крыш показали 6% уменьшение затрат на отопление в сравнении с традиционной крышей. Исследование вопросов энергосбережения с использованием «зелёных» крыш и фасадов, а также обоснование экономической эффективности зданий с различными площадными соотношениями ограждающих конструкций приведены в [11-12].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для выполнения обосновывающих расчетов необходимости внедрения «зелёных» крыш в регионе – были проанализированы ведомственные отчеты, периодические издания официальной статистики. На основе полученных данных была составлена карта плотности населения, формируемая в табличном и графическом формате с ранжированием территорий. Районы наибольшей плотности были отобраны с целью дальнейших исследований. Для выбранных территорий проведен анализ: спутниковых снимков дистанционного зондирования Landsat-8, Sentinel 1, Prysma, планов градостроительного зонирования и планировки территорий, нормативно-правовых актов, отчетов министерств с целью подтверждения соответствия площадей зеленых насаждений общего пользования в городской черте требуемым показателям, указанным в СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Был выполнен корреляционно-регрессионный анализ экологических параметров района, обладающего худшим показателем обеспеченности, с использованием вычислительного программного комплекса Excel. Построены полиномиальные линии тренда (полином пятой степени) на основные экологические параметры с перспективой ближайших 3 лет. После обработки полученных результатов корреляции была сформирована регрессионная модель и проведен имитационный анализ эффекта внедрения «зелёных» крыш. Для выполнения сравнительного анализа распределения температуры в толще конструкций инверсионной и традиционной крыш – был использован сертифицированный программный комплекс Elcut 6.6 и встроенная библиотека стационарной теплопередачи. Эксперимент для определения аккумуляционных свойств покрытий проведен в том же программном комплексе, но с применением библиотеки нестационарной теплопередачи. Сравнительный теплотехнический расчет выполнен на основании действующей нормативно-технической документации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе собранных статистических данных была составлена карта ранжирования территории Тульской области по плотности населения, среди районов с наибольшей плотностью выделен Щекинский район с показателем в 3900 чел./км², Ленинский район с показателем в 3230 чел./км², пятерку районов с высокой плотностью замыкает Ефремовский район с показателем в 1558 чел./км². В результате анализа площади зелёных насаждений для выбранных районов и сравнения с нормативными значениями – наихудший показатель обеспеченности был зафиксирован в Ленинском районе 8,2 м²/чел. (что составляет чуть больше 51% от нормы), лучшие показатели у Киреевского и Новомосковского районов с обеспеченностью 28,7 и 35,34 м²/чел. Приведенные в ежегодных отчетах СЭС по Тульской области данные о первичных заболеваниях свидетельствуют о преимущественном соотношении болезней органов дыхания к остальным первичным заболеваниям, так рост в 2020 году к 2019 составил более 20%, а в сравнении с 2016 годом 32,8%, в тоже время, научными исследованиями доказана эффективность «зелёных» крыш в борьбе с пылевым загрязнением атмосферы городов. В качестве основы для корреляционно-регрессионного

анализа были собраны статистические данные базовых экологических параметров региона, определены факторные (загрязнение от стационарных источников(z_4), персонального/общественного транспорта(z_1), площадей лесовосстановления (z_2)/территорий с зелеными насаждениями в пределах городской застройки (z_3), объемы выбросов загрязнений в сточные воды (z_5)) и результирующие переменные (численность населения региона (y)). После построения полиномиальных линий тренда (графиков аппроксимирующей функции) и составления корреляционной таблицы была выполнена проверка на наличие мультиколлинеарности факторных переменных, определены показатели тесноты связи, основные гипотезы корреляционного анализа, произведена оценка параметров уравнения регрессии. Итоговая модель множественной регрессии имеет вид: $\hat{Y} = 1004088,41 + 440,651z_2 + 61006,0743z_3$. Проведенный на основе полученной модели имитационный анализ позволил сделать вывод о возможности снижения темпов демографического кризиса региона при рациональном подходе к изменению показателей факторных переменных уравнения (площадей зеленых насаждений).

На основе изучения текущего рынка была составлена модель инверсионной и традиционной «зелёной» крыши в программе Elcut 6.6 для проведения исследования распределения температурных полей двух типов покрытия. Были заданы граничные параметры, метки ребер, вершин, блоков, сформированы сетки конечных элементов. По результатам расчета стационарной теплопередачи конструкции слоев инверсионной крыши были защищены от перепадов температур, в том числе это касается слоя гидроизоляции, его температура составила $17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то время как на традиционной крыше данный слой имел температуру в -1°C , что может свидетельствовать о более благоприятных условиях эксплуатации для битумных материалов и снижении общей температурной нагрузки на технологические слои. Также было отмечено, что большую прогреваемую толщину инверсионной крыши можно потенциально использовать для аккумуляции тепла и внедрения периодического отопления. Эксперимент по нестационарной теплопередаче заключался в задании следующих условий: длительность эксперимента – 48 часов, осуществляется прогрев помещения в течение 4 часов до температуры $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, далее снижение температуры до $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ и фиксация показателей теплового потока (направление и величина вектора). Задание граничных условий осуществлялось в соответствии с ГОСТ Р 57356-2016 и СП 50.13330.2012. Было зафиксировано, что по истечению 36 часов с начала эксперимента вектора теплового потока традиционной крыши сменили свое направление и начали забирать тепло из помещения, на инверсионной крыше в тоже время сохранился тепловой поток $F=1,495\text{ Вт/м}^2$ в сторону помещения, его направление менялось лишь по истечению 44 часов с начала эксперимента.

Далее был выполнен сравнительный теплотехнический расчет традиционной и «зелёной» инверсионной крыши, по результатам расчета показатели приведенного сопротивления теплопередачи составили $4,53\text{ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)/Вт}$ и $4,67\text{ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)/Вт}$ при требуемом сопротивлении теплопередачи $4,48\text{ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)/Вт}$ соответственно.

ВЫВОД

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что территория Тульской области является перспективной для изучения вопросов внедрения «зелёных» крыш, которые не только помогают городу справляться с запыленностью атмосферы, управлять ливневыми стоками, снижают температуру окружающей среды в жаркую погоду, но и качественно влияют на параметры микроклимата помещений, охлаждая примыкающие пространства, снижая уровень шума, эффективно задерживая тепло помещения в холодную погоду.

Анализ и расчет текущих технологических решений современных конструкций экологических покрытий позволяет судить о большей эффективности применения «зелёных» крыш в сравнении с традиционными конструкциями. Проведенный сравнительный

эксперимент аккумуляции тепла с инверсионным и традиционным расположением технологических слоев «зелёной» крыши показал, что в перспективе возможно осуществить внедрение систем периодического отопления для повышения энергоэффективности объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 года N 176 «О стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».
2. Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 г. №1587 «Об утверждении устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требования проектов устойчивого развития в Российской Федерации».
3. Постановление Правительства Тульской области от 09.10.2017 №457 Об утверждении государственной программы тульской области "Формирование современной городской среды в тульской области на 2018 - 2024 годы».
4. Сысоева, Е. В. Анализ рассеивания мелкодисперсных частиц PM2.5 при различных сценариях озеленения городской территории / Е. В. Сысоева, М. Ю. Слесарев, М. О. Гельманова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2022. – № 3(39). – С. 45-59. – DOI 10.21869/2311-1518-2022-39-3-45-59. – EDN HTQDHZ.
5. Yang J, Yu Q, Gong P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmos Environ* 2008;42:7266e73.
6. Шелковкина С. В. Зеленая инфраструктура для организации урбанистических пространств: как рационально управлять ливневыми осадками? / С. В. Шелковкина // Государственное управление и развитие России: глобальные угрозы и структурные изменения : Сборник статей международной конференц-сессии, Москва, 01 октября 2020 года. Том 1. – Москва: Издательский дом "Научная библиотека", 2020. – С. 772-789. – EDN QYGCFR.
7. Mentens, J.; Raes, D.; Hermans, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landsc. Urban Plan.* 2006,77, 217–226.
8. Иоффе, А. О. Зеленые растения и зеленые крыши как способ борьбы с шумовым загрязнением / А. О. Иоффе, О. И. Гаврилова // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4(51). – С. 215.
9. Аксенов И.С., Сысоева Е.В. "Зеленые кровли, как решение ряда экологических проблем современной городской среды", журнал Инновации и инвестиции, №9 2018.
10. Costanzo V., Evola G., Marletta L. Energy savings in buildings or UHI mitigation? Comparison between green roofs and cool roofs. *Energy and Buildings.* 2016. Vol. 114. Pp. 247–255.
11. Копылова А.И., Богомолова А.К., Немова Д.В. Энергетическая эффективность здания с применением технологии «зеленая кровля» // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 10 (49). С. 20–34.
12. Hoelscher M.-T., Nehls T., Jänicke B., Wessolek G. Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation. *Energy and Buildings.* 2016. No. 114. Pp. 283–290.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЛНЦЕЗАЩИТЫ ЖИЛОГО ДОМА В Г. ВОЛГОГРАД

Д. А. Айвазян¹, А. С. Курдюков², Н. П. Умнякова³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ aivazyan0406@gmail.com

² temik.1516@gmail.com

³ n.umniakova@mail.ru.

Аннотация

На сегодняшний день тема солнцезащиты является одной из актуальных проблем в строительстве и проектировании. В строительстве существует такой термин, как инсоляция – этот процесс облучения поверхностей солнечным светом (солнечной радиацией) регламентируемый по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».[1]

При проектировании, часто нарушают требования инсоляции, от этого страдает внутренняя среда зданий и ничего не подозревающие люди.

Предметом данного исследования является проектирование солнцезащиты жилого дома. Цель данной работы заключается во внесении предложений по улучшению требуемой инсоляции и проектирование солнцезащитных элементов на основе выполнений расчёта продолжительности инсоляции в жилом доме. Задачи – выполнение расчёта продолжительности инсоляции при наличии и отсутствии солнцезащитных устройств, внесение предложений по улучшению инсоляции и солнцезащиты.

ВВЕДЕНИЕ

Все проектировочные и конструктивные решения здания должны отвечать требованиям СП, ГОСТов и СанПиНов.

Основным регламентирующим документом для инсоляции является СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [1]

Для исследования инсоляции помещений жилого дома, сначала необходимо произвести расчёты продолжительности инсоляции с учетом затеняющей окружающей застройки, а также с учётом архитектурно-конструктивных элементов здания. В данной работе изучается влияние затеняющего воздействия на инсоляцию помещений.

При расчёте продолжительности инсоляции жилого дома применяется специально изготовленный инсоляционный график для города застройки Волгограда.

Инсоляционный график или инсоляционная линейка — это проекция модели видимой траектории движения солнца на горизонтальную плоскость, то есть двухмерная интерпретация трехмерной модели движения солнца относительно расчётной точки.

Расчётная точка инсоляции – это точка на пересечении горизонтальных лучей солнца, определяющая начало и окончание инсоляции в точке, без учёта окружающей застройки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Солнцезащита является одной из актуальных проблем в строительстве и проектировании зданий. Солнцезащитные устройства препятствуют проникновению солнечных лучей в помещение и защищают их от нагрева.

В строительстве существует такой термин, как инсоляция (от лат. *in* «внутри» и *sōl* «солнце») – который, обозначает процесс облучения поверхности солнечными лучами, поступающими с направления, в котором виден в данный момент центр солнечного диска.

Важным является продолжительность инсоляции, проникающей в помещение через светопрозрачные конструкции.

На продолжительность инсоляции помещений влияют следующие факторы:

Расположение здания по сторонам света;

Конструктивно - архитектурные решения здания;

Территориальная застройка вокруг здания.

В СанПиН 1.2.3685-21 [1] указана нормируемая продолжительность инсоляции, измеряемая часами, в зависимости от нормируемого помещения, географической широты и календарного периода (табл.1).

Табл. 1. Нормируемая продолжительность инсоляции для помещений жилых зданий

Нормируемые помещения	Географическая широта местности	Продолжительность инсоляции, не менее	Календарный период
1. Не менее чем в одной комнате 1-2 комнатных квартир; 2. Не менее чем в 2-х комнатах 4-х и более комнатных квартир; 3. Не менее чем в 60% жилых комнат в зданиях общежитий	Северная зона (севернее 58° с.ш.)	2,5 ч	С 22 апреля по 22 августа
	Центральная зона (58° с.ш. - 48° с.ш.)	2 ч	
	Южная зона (севернее 48° с.ш.)	1,5 ч	С 22 февраля по 22 октября
1. В 2-х и 3-х комнатных, где инсолируется не менее 2-х комнат; 2. В многокомнатных квартирах (4 и более комнат), где инсолируется не менее 3-х комнат; 3. При реконструкции жилой застройки, расположенной в центральной, исторической зонах городов, определенных их генеральными планами развития	Северная зона (севернее 58° с.ш.)	2 ч	С 22 апреля по 22 августа
	Центральная зона (58° с.ш. - 48° с.ш.)	1,5 ч	
	Южная зона (севернее 48° с.ш.)	1,5 ч	С 22 февраля по 22 октября

При проектировании зданий, должны учитываться санитарные требования к помещениям, не допускающие заниженных показателей инсоляции.

К примеру, ни однокомнатная, ни двухкомнатная квартира не может выходить всеми окнами на север, поскольку в таком случае в них будет недостаточная продолжительность инсоляции. В окна этих квартир заведомо будет попадать меньше солнечных лучей, чем этого требуют СанПиН 1.2.3685-21. [1]

Солнечный свет является необходимым фактором, влияющим на здоровье человека.

Солнечные лучи оказывают биологическое воздействие на человека.

По воздействию на человека в ультрафиолетовой зоне разделяют: [3,4]

1. Зона А - антирахитная - длина волн 315-400 нм - длинноволновое УФ (ДУФ);
2. Зона Б - эритемная - длина волн 280-315 нм средневолновое (СУФ);
3. Зона С - бактерицидная - длина волн 200-280 нм коротковолновое (КУФ).

Солнечные лучи оказывают оздоравливающее, антирахитное, бактерицидное воздействие на человека. Однако недостаток и избыток солнечных лучей негативно сказывается на здоровье. При их недостатке, нарушается выработка витамина D, замедление иммунного ответа, нарушение сна, нарушение обменных процессов, развитие ожирения, повышение риска сердечных заболеваний, диабета, рака. А последствиями избытка солнечных лучей является: повышенная раздражительность, тревожность, ухудшение зрения, преждевременное старение кожи, угроза образования рака кожи. [5]

Немаловажным является и тот факт, что хорошая инсоляция позволяет экономить на электроэнергии и придает жилью более приятный и уютный вид. Поэтому солнечный свет непременно должен присутствовать в жилом помещении.

Для расчёта инсоляции и проектирования солнцезащиты дома, мы решили рассмотреть проект жилого комплекса, расположенного в г. Волгоград, представленный на (рис.1), так как данный проект понравился нам с архитектурной точки зрения и комплекс был сдан в эксплуатацию в конце 2022 г., а значит должен отвечать требованиям современных норм.



Рис. 1. Фасад жилого дома

Для анализа инсоляции помещения жилого дома, был произведен расчёт с учётом воздействия окружающей застройки, но без учёта влияния балконов, представленный на (рис.2).



Рис. 2. План территории

На рис.3, 1- исследуемое здание; 2- десятиэтажное здание; 3- пятиэтажное здание; 4- одноэтажные здания.

На продолжительность инсоляции оказывает влияние только десятиэтажное здание.

Проведенный анализ инсоляции без учета балконов жилого дома показал, что продолжительность инсоляции С-В фасада составляет 2-3 часа, Ю-В/Ю-З фасады 7-9 часов, а С-З фасад 3-4 часа. Следует отметить, что с южной стороны наибольшая продолжительность инсоляции приходится на самое активное время солнца с 11 до 17 часов.

На рис.3 при расчете инсоляции с учетом затеняющего воздействия балконов был принят вылет равный 1,2 м согласно проекту. Также были проведены расчеты инсоляции при вылете балконов 0,8 м и 1,6 м. Красная линия – 1,6м, черная – 1,2м, синяя – 0,8м.

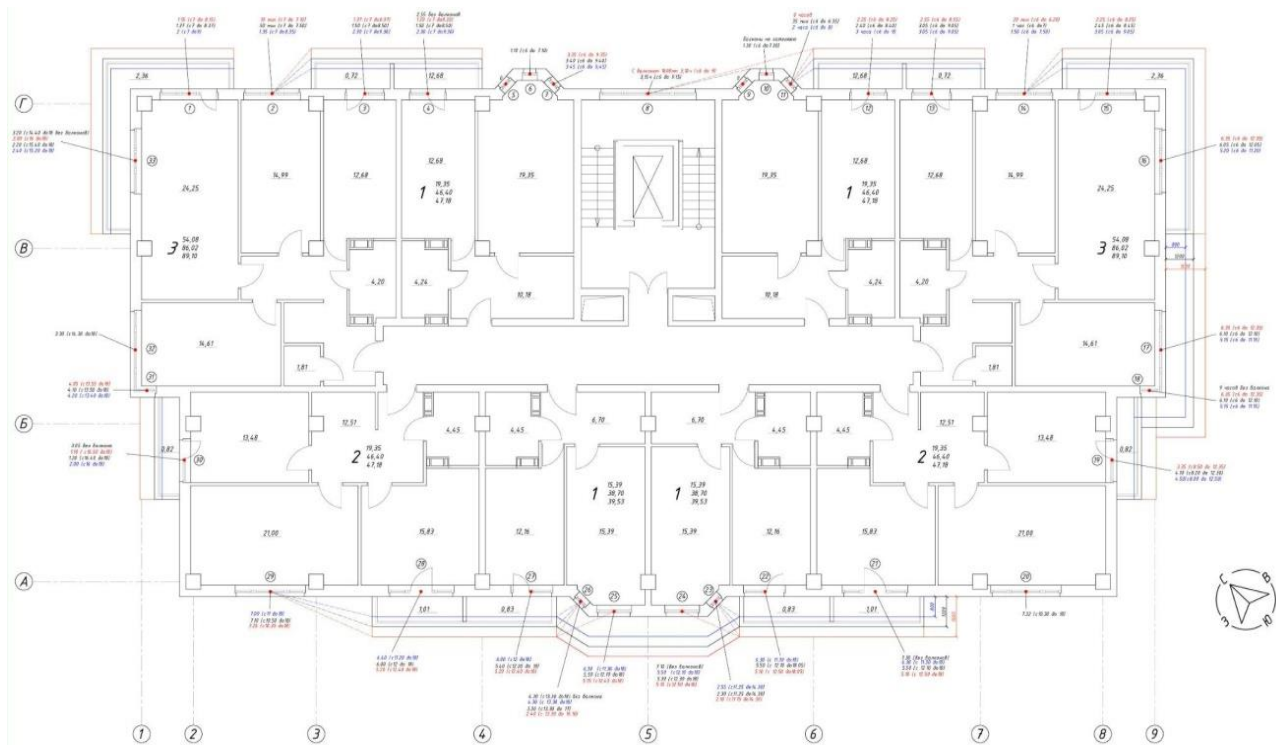


Рис. 3. План типового этажа

Проведенные расчеты показали, что близь стоящее десятиэтажное здание затеняет наше и как оказалось, в результате расчетов вместе с балконами в части северо-восточного фасада значение инсоляции ниже норм СанПиН [1,2]. А на юго-восточном и юго-западном фасадах здания нормативные значения превышены и варьируется от 6 до 8 часов, в самое жаркое время. В окне №18 данного фасада, продолжительность инсоляции доходит до 9 часов (рис.3).

Исходя из расчётов, нами построены графики зависимости продолжительности инсоляции от вылета балконов (рис.4). Были взяты несколько окон на фасадах.

Графики показывают, насколько необходимы балконы не только как конструктивное решение, но и в качестве солнцезащитных устройств.

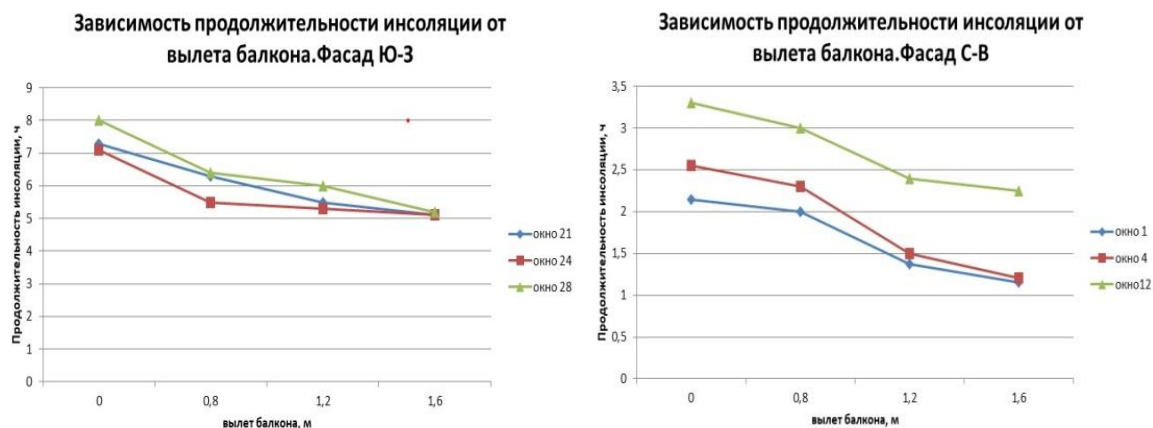


Рис. 4 Графики зависимости продолжительности инсоляции помещений от вылета балконов

На основе анализа результатов расчетов разработаны предложения по оптимизации продолжительности инсоляции фасадов:

- 1) В осях 9 и Б устроить дополнительный балкон (рис.3). При этом продолжительность инсоляции уменьшается с 9 часов, до 6-5 часов с 6 утра до 11 когда солнце не самое жаркое.
- 2) По оси А (рис.3) устроить дополнительный балкон возле эркера. При этом продолжительность инсоляции уменьшится с 7 часов 20 минут, до 5 часов.
- 3) Близь расположенное 10-ти этажное здание и балконы с вылетом 1,2м уменьшают продолжительность инсоляции С-В фасада по оси Г (рис.3) до 1 часа 10 минут, что ниже требований СанПиНа. Для обеспечения нормативной продолжительности инсоляции целесообразно уменьшить вылет балкона с 1,2 м до 0,8 м

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для исследования солнцезащиты жилого дома произведены расчёты продолжительности инсоляции с влиянием территории застройки, а также с учётом архитектурно-конструктивных элементов здания. При расчёте продолжительности инсоляции жилого дома применялась специально изготовленный инсоляционный график для города застройки Волгограда.

Подводя общие итоги исследования, можно сказать:

1. Балконы выполняют не только архитектурную, но и солнцезащитную функцию, которая влияет на инсоляцию, и может менять её продолжительность в ряде случаев до 4 часов.
2. Увеличение вылета балкона позволяет уменьшить продолжительность инсоляции помещений на 1-2 часа.
3. В некоторых случаях из-за балконов продолжительность инсоляции оказывается меньше нормы. В этих случаях целесообразно уменьшить вылет балконов.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.» от 28.01.2021 № 62296
2. СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение." от 08.05.2017
3. Богатина А.Ю. Инсоляция помещений, зданий и территории. Учебно- методическое пособие для практических занятий по дисциплине «Строительная физика»
4. В. Н. Куприянов Инсоляция зданий и территорий. - Учебное пособие изд. - Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2020.-102 с.
5. Турулов В.А. Инсоляция и системы солнечного бактерицидного облучения помещений. - Москва: Изд-во Архитектура-С, 2016. - 176 с.

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ю. С. Зобнина¹, К. П. Зубарев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
selma.inufo@gmail.com

Аннотация

Предмет исследования: является изучение и анализ способов усовершенствования энергетической эффективности строительных конструкций. В настоящее время существует ряд разработанных конструкций, которые позволяют удовлетворить цели энергосбережения. Из-за разнообразия климата требуются дополнительные способы усовершенствования конструкций в сфере энергосбережения для возможности их применения повсеместно. Одна из современных мер энергосбережения – использование материалов с фазовым переходом. Способы анализа и расчета таких конструкций конструкций достаточно скудны и имеют малую экспериментальную базу.

Цели: изучение и анализ расчетов и моделей с использованием материалов с фазовым переходом внутри конструкции, определение возможности их применения.

Материалы и методы: сравнительный анализ моделей, их расчетов и измерений.

Результаты: полученные методики, которые можно применять для расчета конструкций с фазопереходными материалами. Это дает возможность определения эффективности конструкции на ранних этапах расчета, а также позволяет провести сравнительный анализ множества материалов и определить модель, более подходящую для разнообразных климатических условий.

Выводы: Проведенное исследование позволяет сказать о возможности применения материалов с фазовым переходом в строительных конструкциях для удовлетворения целей энергосбережения. Представленные методики позволяют провести более глубокий анализ подобных конструкций, они способствуют развитию расчетов и способов сравнения материалов с фазовым переходом, а также дают возможность на первоначальных этапах расчета выявить эффективность теплоаккумулирующего элемента.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальным вопросом в строительной сфере является возможность внедрения энергосберегающих конструкций в связи с большим потреблением энергии зданий и сооружений. Разнообразие и неоднородность климатических районов строительства является барьером к достижению удовлетворительных показателей с точки зрения тепловых потерь конструкций, так как методы расчета тех или иных энергосберегающих материалов достаточно скудны. Для возможности внедрения энергосберегающих конструкций требуются экспериментальные данные и разнообразие конструкций для различных регионов [1-3].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Китайские исследователи Н. Ю, Ч. Чен, Х. Макхамов, И. Макхамова, К. Ли, Д. Ма рассматривали в своей работе возможность применения в строительстве материалов с фазовым переходом. Материал с фазовым переходом – материал, способный менять свое агрегатное состояние под воздействием температур с выделением тепловой энергии. Авторы изучали метод отвержения элементов из сборного железобетона под паром [4].

Русский ученый Б.Д. Бабаев также рассматривал использование фазопереходного материала, но уже внутри пассивной конструкции – стены Тромба-Мишеля. Автор в своей работе делал упор на определение возможности использования конструкции через расчеты объемов и температур [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Н. Ю, Ч. Чен, Х. Макхамов, И. Макхамова, К. Ли, Д. Ма проводили эксперимент на двух моделях (Рис. 1), в которых использовался разный фазопереходный материал – GH-33 и GH-37 [4].

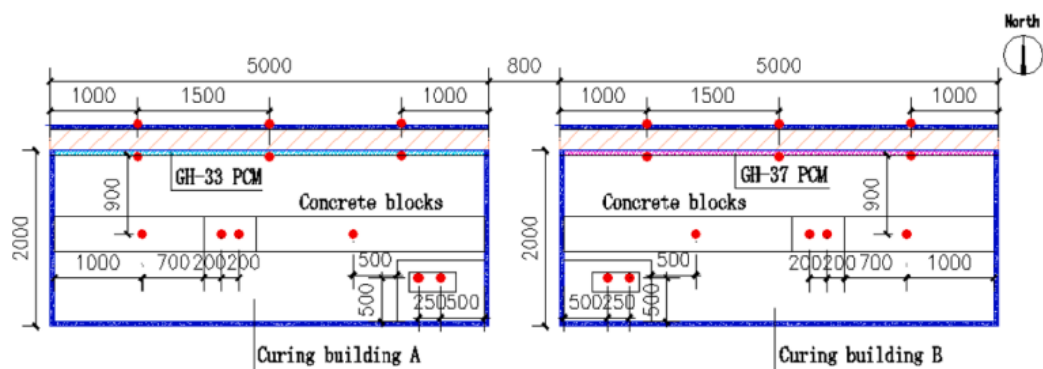


Рис. 1. План экспериментальных моделей [4]

Моделирование проходило в четыре этапа: энергетические зоны, энергетический баланс, перенос воздуха и влаги, тепловые потери. Экспериментальные установки были построены в округе Цзисянь. Северная стена была сделана из блочного кирпича с плитой пенополистирола снаружи, восточная и западная стены из пенополистирола. Крыша скатная и прозрачная. Во время эксперимента на крышу укладывался утеплитель в определенные часы [4].

При моделировании были учтены температура и энтальпия фазовых переходов, температура на границе раздела материала с фазовым переходом и стеной [4].

Бабаев Б.Д. также в своем исследовании занимался моделированием конструкции с материалом фазовым переходом, за основу была взята стена Тромба-Мишеля (Рис. 2) [5].

Стена Тромба-Мишеля представляет собой массивную стену, окрашенную в черный цвет, на расстоянии от которой находится стеклянная перегородка, сверху и снизу расположены вентиляционные клапаны, обеспечивающие вентиляцию конструкции. Принцип ее работы с применением фазопереходного материала заключается в следующем: солнечные лучи проникают через стеклянную перегородку, стена нагревается, происходит плавление материала внутри конструкции, тепловой поток, выделяющийся через стену, поднимается по нижнему клапану, проникает в помещение. Для повышения теплопроводности материала с фазовым переходом использовались высокотеплопроводные инклюзивы [5].

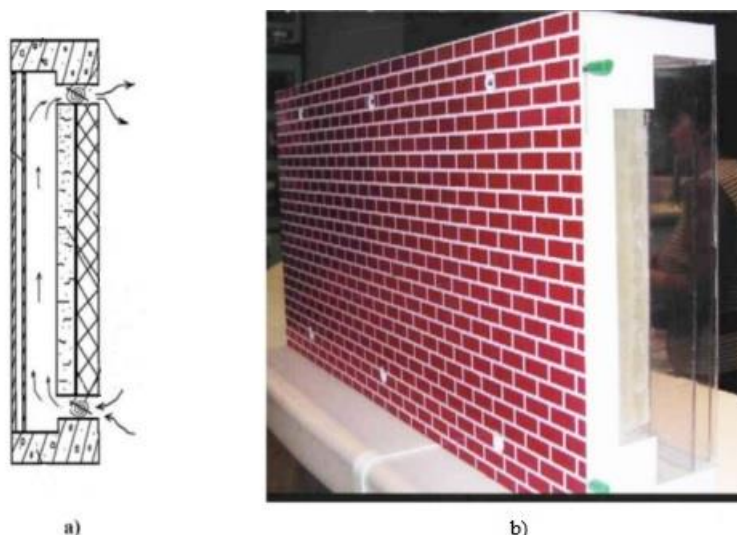


Рис. 2. Модель стены, предложенная Бабаевым Б.Д. а) разрез; б) общий вид [5]

Основной целью исследования Бабаева Б.Д. было сравнение представленной панели с моделью, в которой в качестве теплоаккумулирующего вещества выступает бетонный пол.

Автор провел ряд расчетов по вычислению объемов элементов и изменению их температур, что позволило сделать ему заключение об эффективности применения материалов с фазовым переходом в составе строительных конструкций [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Н. Ю, Ч. Чен, Х. Макхамов, И. Макхамова, К. Ли, Д. Ма провели сравнительный анализ результатов моделирования с использованием двух различных материалов с фазовым переходом. На графике (Рис. 3) видно, что с учетом накопления и разрядки тепловой энергии вариант GH-37 дает преимущества и снижает образование пара и влаги, что обеспечит комфортную среду для работы материала с фазовым переходом [4].

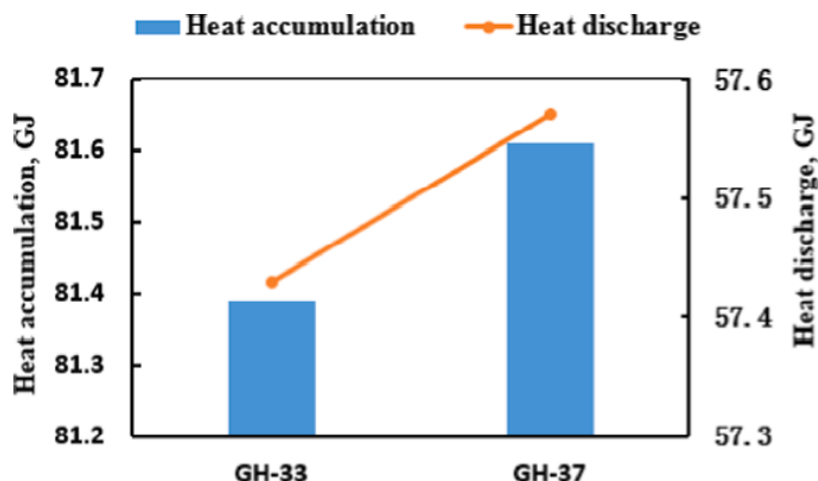


Рис. 3. Сравнение аккумулярующих свойств GH-33 и GH-37 [4]

Такой результат был получен в связи с тем, что в варианте использования GH-37 энергия выделяется за счет высокой теплоты плавления материала. В конструкции с применением GH-33 образование потока тепла происходит из-за нагрева уже расплавленного материала с фазовым переходом [4].

Авторы пришли к выводу об эффективности использования материалов с фазовым переходом, а также представили способы сравнения таких конструкций, что позволит проводить более детальный анализ подобных моделей [4].

Бабаев Б.Д. привел метод расчета теплоаккумулирующих элементов с помощью вычисления их объема и температуры, что также позволит использовать его работу в основе анализа материалов с фазовым переходом [5].

ВЫВОДЫ

В результате исследования были получены новые методики расчета материалов с фазовым переходом, а также доказательства эффективности их применения в строительных конструкциях. Благодаря работе китайских ученых развиваются методики анализа и сравнения конструкций, состоящих из различных материалов. Их данные позволяют выявить наиболее эффективную работу той или иной конструкции, которая включает в себя материал с фазовым переходом.

Методика Бабаева Б.Д. позволит на первых этапах определить рациональность применения какого-либо аккумулярующего материала, что упростит выбор состава конструкции на первоначальных этапах.

Тема определения эффективности энергосберегающей конструкции требует актуализированных решений и методов. В связи с разнообразием климатических районов строительства не существует универсальных конструкций, которые смогли бы полностью удовлетворить цели энергосбережения. Анализ и развитие имеющихся методик позволит

приблизится к вопросу внедрения материалов и конструкций, способных снизить тепловые потери зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yu. Yildiz Impact of climate change on passive design strategies // Ice proceedings, 2015
2. C. Agrawal Review of passive systems and passive strategies for natural heating and cooling of buildings in Libya // International journal of energy research, 1992, 16, pp. 101-117
3. G. V. Mikheev, E. Y. Kaporozova, A. V. Yuri, T. D. Khaliullin, F. Khalili Engineering and architectural technologies for designing buildings in various climatic features of the territory // The Eurasian Scientific Journal, 2021, 1(13)
4. N. Yu, Ch. Chen, K. Mahkamov, I. Makhkamova, Q. Li, J. Ma Selection and testing of phase change materials in the physical models of buildings for heating and curing of construction elements made of precast concrete // Solar energy, 2021, 226, pp. 309-318
5. Б.Д. Бабаев Сравнительный анализ энергетической эффективности стеновой панели с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом // Мониторинг. Наука и технологии, 2015, 4(25), с. 96-99

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ БЛАГОУСТРОЙСТВА С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО МАРКЕТИНГА

А. А. Плетнева¹, С. М. Бороздина²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹aleksandra.plent2001@yandex.ru

Аннотация

Предмет исследования: влияние инструментов маркетинга территорий на управление качеством жизни.

Цели: определить степень важности маркетинга территорий в контексте благоустройства территории; проанализировать влияние инструментов маркетинга территорий на благоустройство; определить экономический эффект от использования маркетинга территорий в сфере благоустройства; определить перечень наиболее эффективных инструментов маркетинга территорий в контексте благоустройства, значительно повышающих уровень продаж; предложить маркетинговую стратегию развития в сфере благоустройства территории на примере города Артёмовск Красноярского края.

Материалы и методы: в качестве методов исследования используются SWOT и PEST-анализ, маркетинговая концепция 8P, экономико-статистический анализ, синтез, моделирование. К материалам исследования стоит отнести статистические данные РОССТАТ, данные официального сайта города Артёмовск Красноярского края, нормативные документы, регулирующие деятельность органов местного самоуправления в Красноярском крае.

Результаты: в ходе исследования была выявлена положительная динамика, то есть рост цен на различные категории товаров и услуг при условии, что близлежащая территория благоустроена с применением дизайна. В качестве наиболее эффективных инструментов маркетинга было определено создание стратегии развития территории, формирование позитивного имиджа, брендинг, «маркетинг достопримечательностей», «инфраструктурный маркетинг». Сформирована на основе предложенных методов исследования, в частности SWOT, PEST-анализа, кластерного анализа и концепции 8P, стратегия развития города Артёмовск Красноярского края.

Выводы: благоустройство необходимо тесно связывать с маркетингом через дизайн архитектурной среды, поскольку существование в рыночной экономике требует следовать законам спроса и предложения. Игнорирование маркетинга территорий в сфере благоустройства приводит к низкому уровню продаж, неэффективному использованию земли, что нарушает главные экономико-хозяйственные принципы использования земельных ресурсов - снижение антропогенной нагрузки и экономное использование земельных ресурсов.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире ни одно строительство объекта не обходится без благоустройства. Это неотъемлемая часть среды, необходимая не только с точки зрения эстетики, но и комфорта. Все объекты, находящиеся на той или иной территории, выполняют определённую функцию, которая прямо или косвенно связана с рыночной экономикой, социальным эффектом, продажами и маркетингом. На первый взгляд может показаться, что эти вещи не могут быть одновременно связаны, поэтому целесообразно привести пример. Представим район города, где строится жилой комплекс, соответственно есть несколько вариантов застройки: типовой панельный дом или типовой панельный дом в стиле компании ПИК. Разница в оформлении, а точнее в дизайне. Цветные панельные дома с продуманным дизайном привлекают покупателей, создают психологическое состояние, при котором человеку приятно и

престижно жить именно в таком доме, даже если квартира внутри меньше, чем в «сером» панельном доме.

Благоустройство и дизайн – главные двигатели продаж в современных городах. Если в центре города качественно благоустроен парк, значит его посещаемость повысится, соответственно больше покупок будет совершаться в торговых точках на территории парка. Если жилой комплекс построен в современном стиле, с внутренней микро-инфраструктурой, посаженными растениями, то цена на каждую квартиру повысится вместе со спросом. Главная причина – влияние на психологическое состояние клиента, который готов платить за «красоту», престиж и комфорт.

Как известно благоустройство – это также неотъемлемая часть работы органов местного самоуправления (в соответствии п. 1 пп. 19 ст. 14 Федерального закона № 131-ФЗ «Об основах местного самоуправления в Российской Федерации» - далее Федеральный закон № 131-ФЗ). Маркетинг территорий – это не инструмент для коммерческой организации, а прежде всего необходимая часть реализации органами МСУ своего главного предназначения – улучшения качества жизни населения.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для статьи основные определения и понятия, связанные с территориальным маркетингом, взяты из учебника О. Н. Жильцовой «Маркетинг территорий. Учебник и практикум для вузов», в котором детально рассмотрены все важнейшие аспекты создания стратегии маркетингового развития. Также использован труд «Основы маркетинга» одного из основоположников маркетинга – Филиппа Котлера. Автор учебника не только рассматривает специфику и проводит сравнительный анализ маркетинговых стратегий, но и подробно раскрывает сущность маркетинга в целом. Помимо различных учебников использованы статистические данные, представленные на официальном сайте РОССТАТ, а также региональные статистические данные.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для написания статьи проведено кабинетное исследование с применением дистанционных технологий, обработаны данные, представленные в сети Интернет, по запросу «город Артёмовск Красноярского края». Для разработки маркетинговой концепции развития города используются SWOT и PEST-анализ, маркетинговая концепция 8P, экономико-статистический анализ, синтез, моделирование.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной статье предлагается пример разработанной автором стратегии маркетингового развития с использованием PEST и SWOT-анализа. На основе представленной стратегии обосновывается необходимость благоустройства и его тесная связь с маркетингом территорий. Целесообразно прежде всего охарактеризовать регион, для чего используется концепция 8P. Рассмотрим таблицу 1.

Табл. 1. Концепция 8Р для города Артёмовск Красноярского края

Product	Price	Promotion	Place
Компании, занимающиеся розничной торговлей продуктов питания, производством хлеба и мучных кондитерских изделий, продажей ювелирных изделий, добычей, обработкой и исследованием драгоценных металлов, в т. ч. золота.	Молоко, 1 л - 100 Р (74,21 Р за 1 л); Буханка хлеба, 0,5 кг - 60 Р (50 Р); Сахар, 1 кг - 110 Р (85,11 Р за 1 кг); Макаронны, 0,5 кг - 100 Р (115,58 Р за 1 кг); Яйца упаковка - 130 Р (66,37 Р за 1 кг); Сыр местный, 0,2 кг - 310 Р (703,06 Р за 1 кг); Масло сливочное, 0,2 кг - 200 Р (843,4 Р за 1 кг). (Цена указана на 1 февраля 2023 г. по Артёмовску [6], в скобках указана средняя цена на товар по РФ за июнь 2022 г. по Красноярскому краю [7])	Услуги продвижения товаров в Артёмовске предлагает компания «Kwork фриланс маркетплейс», стоимость варьируется от 3000 тыс. руб. до 7000 тыс. руб.	Территория Артёмовска известна прежде всего благодаря добыче золота. Расположен город в тайге, между горами Колокол и Золотой конёк, через территорию протекает река Ольховка.
People	Process	Physical evidence	Partnership
Численность населения Артёмовска менее 1500 тысяч человек, за последние 10 лет количество людей ежегодно уменьшается, большинство работают вахтовым методом.	На территории имеется одна общеобразовательная школа, в ней же расположен детский сад и больница. В городе есть администрация, дом культуры, пожарная часть, продуктовые магазины, остановки общественного транспорта.	Артёмовск напоминает посёлок городского типа, дома похожи на дачные домики. Здесь можно найти красивые виды в районах, где протекает река и встретить красоты таёжного леса.	Город Артёмовск принадлежит к Курагинскому району. Партнёрские отношения происходят между компаниями, входящими в промышленный кластер.

Проработав каждое направление из представленной концепции на практике, можно добиться социального эффекта, с одной стороны, с другой, повысить привлекательность города с инвестиционной точки зрения. Под социальным эффектом понимается привлечение рабочей силы, повышение квалификации персонала, приостановление оттока населения и т. д. Для выделения основных направлений развития города Артёмовск, представим три последовательных анализа в таблицах 2 и 3. На основе PEST-анализа формируется SWOT-анализ соответственно.

Табл. 2. Анализ внешней среды города Артёмовск (PEST-анализ)

Наименование фактора	Оценка влияния на текущий момент, балл	Оценка влияния через 3 года, балл
1. Политические факторы		
Политическая стабильность	3	3
Международные связи и партнерства	3	3
Привлекательность региона для местных жителей и приезжих	5	7
Уровень коррупции	8	6
Поддержка малого и среднего бизнеса	9	9
2. Экономические факторы		
Доходная часть бюджета	8	8
Равномерность налоговой нагрузки	8	8
Инвестиционная привлекательность региона	7	9
Уровень конкуренции между регионами	9	9
3. Социальные факторы		
Динамика численности населения	9	9
Продолжительность жизни населения	8	8
Покупательская способность населения	7	9
Обеспеченность жильем	6	3
Степень социальной напряженности	9	7
4. Технологические факторы		
Инновационное развитие	3	7
Увеличение затрат федерального бюджета на НИОКР	3	7
Реструктуризация и диверсификация	3	7
Использование преимуществ ИТ	5	8
Возрождение научно-технического потенциала региона, активизация отраслевой и вузовской науки	5	8

Представленный в таблице 2 PEST-анализ разработан на основе данных, приведённых в концепции 8Р, а также в соответствии с информацией, размещенной на официальном сайте города Артёмовск [...]. По 4 основным направлениям оценены факторы с точки зрения их воздействия на дальнейшее развитие города. Оценка производилась по 10-ти балльной шкале, где 1 – наименее сильное влияние фактора, 10 – наиболее сильное влияние фактора. В следующей таблице 3 представлен SWOT-анализ.

Табл. 3. Анализ внутренней среды города Артёмовск (SWOT-анализ)

Сильные стороны	Слабые стороны
<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие золота высшей (999) пробы в промышленных масштабах 2. Наличие рудника, в котором поколениями работают мастера, готовые делиться секретами и опытом добычи и обработки драгоценного металла 3. Перспективные направления в сфере образования, в том числе, по международным стандартам, новые форматы экономического образования и т. д. 4. Нахождение в обжитом регионе (Курагинском) с развитой транспортной инфраструктурой 5. Наличие уже ранее созданной производственной инфраструктуры, позволяющей добывать драгоценные металлы 6. Географическое положение (находится между горами в тайге, в Красноярском крае) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Плохо развита инфраструктура города 2. Не уделяется внимание маркетингу территории, отсутствует позиционирование и поступательное продвижение города 3. Пассивная работа со стороны администрации, отсутствие взаимодействия с гражданским обществом 4. В последние годы менеджмент региона даёт только отрицательные результаты (закрываются школы, учреждения культуры, больницы) 5. В производство не внедряются инновационные технологии для обработки и добычи драгоценных металлов 6. Низкое качество существующих электрических и тепловых сетей. 7. Девелоперские проекты отсутствуют, что масштабное производство практически приостановлено
Возможности	Угрозы
<ol style="list-style-type: none"> 1. Развитие горнолыжного туризма 2. Сформировать научный кластер по золотодобыче, проводить конференции, симпозиумы, экскурсии на рудник 3. Вывести на новый уровень добычу золота (Ресурсный потенциал района представлен учтёнными государственным балансом более чем 50 тоннами золота промышленных категорий и выявленными прогнозными ресурсами в размере около 250 тонн (по словам директора АО «Гео-Система» Виктора Николайчука) 4. Остановить поток миграции, увеличить плотность населения повысить уровень рождаемости 5. Привлечь инвесторов 6. Реализовать потенциал региона и улучшить инфраструктуру 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исчезновение города (низкая плотность населения) 2. Риск потерять производственный потенциал 3. Коррупция и нелегальная добыча золота 4. Безработица и повышение уровня бедности

На основе SWOT-анализа выявлены факторы, влияющие на развитие инвестиционного потенциала региона на текущий момент: выгодное экономико-географическое положение; регион имеет богатую природно-сырьевую базу.

Также выявлены факторы, оказывающие негативное влияние на развитие инвестиционного потенциала города Артёмовск: изолированность региона от крупных городов (380 км до Красноярска); изношенность основных фондов; неравномерность в развитии территорий; «утечка» квалифицированных кадров в другие города; низкий уровень развития туризма; административные барьеры, мешающие региону развиваться; низкий уровень жизни; низкая плотность населения; не развитая инфраструктура; безработица.

На основе полученных факторов разработана маркетинговая стратегия развития, представленная на рисунке 1.

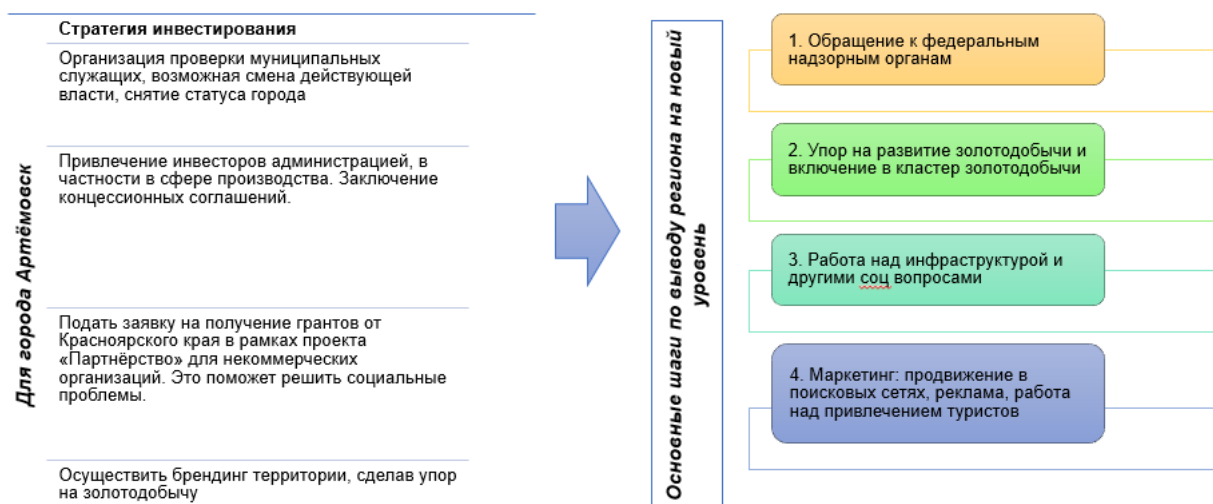


Рис. 1. Разработка маркетинговой стратегии развития города Артёмовск

Анализируя рисунок 1 можем прийти к выводу, что одним из основных шагов для повышения привлекательности города Артёмовск, является развитие инфраструктуры, под которым понимается также благоустройство территории. Помимо этого, также указана информация о необходимости развития золотодобычи, что тоже требует благоустройства территории, как минимум близлежащей к золотообрабатывающей фабрике и руднику.

ВЫВОДЫ

Резюмируя вышесказанное, мы можем отметить, что инструменты территориального маркетинга позволяют создать механизм для качественного и продуманного благоустройства территорий. Грамотное составление маркетинговой стратегии не обходится без благоустройства и в современном мире необходимо повышать инвестиционную привлекательность городов с тем, чтобы «выжить» в условиях рыночной экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котлер Ф. Основы маркетинга // Вильямс. 2019. № С. 24. [Электронный ресурс] URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009845213> (дата обращения: 21.02.23)
2. Момотова О.Н., Воронцова Г.В. Стратегия диверсификации как приемлемый вариант развития региональных социально-экономических систем / О.Н. Момотова, Г.В. Воронцова // Kant. 2011. № 2. С. 28-32. (дата обращения: 21.02.23)
3. Пакрунин А.П. Маркетинг территорий // Спб. 2006. С. 51. [Электронный ресурс] URL: <http://pankrukhin.ru/wordpress/wp-content/uploads/> (дата обращения: 21.02.23)
4. Маркетинг территорий. Учебник и практикум для вузов / под общ. ред. Жильцовой О.Н. Москва : Издательство Юрайт, 2023. С. 11. [Электронный ресурс] URL: <https://urait.ru/book/marketing-territoriy-511043> (дата обращения: 21.02.23)
5. Цены в Артёмовске [Электронный ресурс] URL: <https://bdex.ru/price/> (дата обращения: 22.02.23)
6. Средние потребительские цены (тарифы) на товары и услуги по Российской Федерации, федеральным округам, субъектам Российской Федерации и обследуемым городам [Электронный ресурс] URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sred_potreb_cen_2021-2022.htm (дата обращения: 22.02.23)

ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ DIAGRID

Н. В. Парамонова¹, А. А. Галишников²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

Система diagrid - это конструктивная система, которая приобрела популярность в последние годы благодаря своему уникальному дизайну и конструктивной эффективности. Инновации в проектировании системы diagrid привели к усовершенствованию материалов, технологий изготовления и программного обеспечения для моделирования, изменив подход архитекторов и инженеров к проектированию зданий.

Цель данной работы - представить обзор последних инноваций в области проектирования диагонально-решетчатых систем, изучить их влияние на строительство зданий и определить потенциальные области для дальнейших исследований.

Материалы и методы: Чтобы подготовить статью об инновациях в diagrid-системах, был проведен анализ различных источников, включая научные журналы, отраслевые публикации и онлайн-ресурсы. Поиск статей, книг и научных работ проводился с использованием академических баз данных.

Результаты: Обзор литературы выявил несколько последних инноваций в проектировании решетчатых систем. Одной из наиболее значительных инноваций является использование композитных материалов. Кроме того, достижения в области высокотехнологичного производства и развитие программного обеспечения.

Выводы: Инновации в проектировании диагонально-сетчатых систем способны произвести революцию в строительной отрасли, повысив эффективность, устойчивость и безопасность строительных конструкций. Однако в процессе внедрения и реализации этих инноваций остаются проблемы, включая стоимость, нормативные барьеры и недостаток опыта в данной области. Для решения этих проблем и дальнейшего расширения границ проектирования решетчатых систем необходимы дальнейшие исследования.

ВВЕДЕНИЕ

Система diagrid - это новая структурная система в проектировании зданий, которая позволяет создать жесткую конструкцию, способную выдерживать высокие нагрузки, и в то же время позволяет создавать инновационные архитектурные проекты. Актуальность темы заключается в потенциале диагональных систем для решения этих проблем путем создания более устойчивых, стабильных и эффективных строительных конструкций. Изучая последние инновации в проектировании решетчатых систем, исследователи и практики могут открыть для себя новые способы создания зданий, которые будут не только безопасными и функциональными, но и визуально привлекательными. Системы diagrid уже используются в нескольких известных зданиях по всему миру и, как ожидается, будут становиться все более популярными. Таким образом, совершенствование конструкции диагональных систем может способствовать развитию более устойчивой и жизнеспособной среды.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ:

Последние исследования в области проектирования решетчатых систем были посвящены целому ряду тем, включая выбор материалов, технологии изготовления и программного обеспечения для моделирования. Достижения в области материаловедения привели к разработке новых материалов, таких как высокопрочная сталь и композитные материалы, которые обеспечивают повышенную прочность и долговечность по сравнению с традиционными строительными материалами [2]. Что касается технологий изготовления, то

инновации в области высокотехнологичного производства упростили и сделали более экономически эффективным изготовление сложных решетчатых конструкций [3]. Наконец, достижения в области программного обеспечения для моделирования позволили архитекторам и инженерам более точно моделировать поведение решетчатых конструкций, что позволяет более эффективно проектировать и строить [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:

В данном исследовании, посвященном инновациям в диагонально-решетчатых системах, был проведен обзор литературы для выявления самых последних и актуальных исследований по данной теме. Кроме того, для выявления общих тенденций и лучших практик в проектировании и строительстве с применением систем diagrid были изучены тематические исследования последних проектов строительства. Качественный анализ был проведен для выявления наиболее значимых инноваций и усовершенствований в решетчатых системах. Полученные результаты были обобщены и обсуждены в разделе "Результаты исследования", что позволило получить представление о современном состоянии проектирования и строительства с применением решетчатых систем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ:

Традиционно для строительства решетчатых систем использовались сталь или бетон. Однако последние инновации в области материалов расширили возможности строительства. Например, композитные материалы, такие как армированный волокнами полимер (FRP), он обладает высоким соотношением прочности к весу и коррозионной стойкостью, что делает его идеальными для применения в диагонально-решетчатых системах.

Еще одна область инноваций – высокотехнологичное производство. Достижения в этой области упростили и сделали более экономически эффективным изготовление сложных решетчатых конструкций. Высокотехнологичное производство подразумевает использование программного обеспечения автоматизированного проектирования (CAD) для создания точных 3D-моделей строительных компонентов, которые затем изготавливаются на станках с компьютерным управлением. Эта технология позволяет более точно и эффективно изготавливать компоненты здания, что может привести к значительной экономии средств и сокращению времени строительства [5].

Инновации в программном обеспечении для решетчатых систем внесли значительный вклад в улучшение процессов проектирования и строительства этих сложных конструкций. Программное обеспечение для моделирования, такое как анализ конечных элементов (МКЭ), позволяет проектировщикам моделировать поведение конструкции здания при различных нагрузках и условиях окружающей среды. Это позволяет более точно оптимизировать конструкцию решетчатой системы, что приводит к повышению эффективности конструкции и снижению расхода материалов (Рис. 1.) [3].

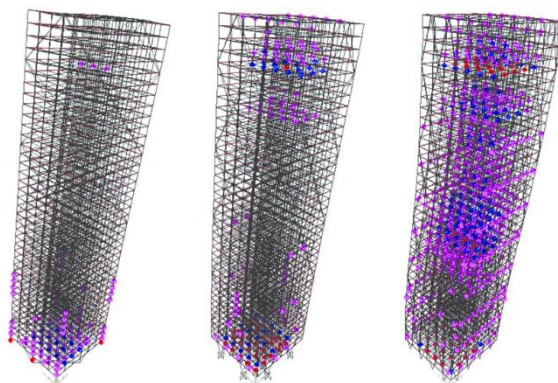


Рис. 1. Испытание сетки diagrid в программном обеспечении

Проектирование систем diagrid со временем эволюционировало, разрабатывались новые методы и технологии для повышения эффективности, прочности и устойчивости этих конструкций. Вот некоторые ключевые различия между старыми и новыми методами проектирования систем diagrid:

1. Выбор материала: в прошлом для строительства диагональных систем обычно использовалась сталь, но сейчас проектировщики изучают возможность использования новых материалов, таких как углеродное волокно и древесина. Эти материалы обеспечивают большую прочность и долговечность, а также являются более экологичными.

2. Передовые инструменты моделирования и симуляции: современное проектирование решетчатых систем часто предполагает использование передовых инструментов моделирования и симуляции. Эти инструменты позволяют проектировщикам моделировать и анализировать поведение здания при различных нагрузках и условиях, что позволяет оптимизировать конструкцию с точки зрения эксплуатации и безопасности.

3. Модульное (сборное) строительство - это новый метод строительства, который становится все более популярным при проектировании решетчатых систем. Этот подход предполагает предварительное изготовление компонентов здания, а затем их сборку на месте возведения, что позволяет сэкономить время. (Рис. 2.)



Рис. 2. Пример изготовления узла решетчатой сетки на производстве

4. Адаптивные конструкции - это новый подход к проектированию систем diagrid, при котором здания могут менять свое поведение в ответ на изменение условий. Сюда можно отнести конструкции, которые могут приспосабливаться к ветровым и сейсмическим нагрузкам.

В целом, инновации в диагонально-решетчатых системах меняют наш подход к проектированию и строительству зданий. Используя передовые материалы, технологии изготовления и программное обеспечение для моделирования, мы можем создавать более прочные, долговечные и эффективные здания.

ВЫВОДЫ

В заключение следует отметить, что система diagrid - это новый и инновационный подход к проектированию конструкций, который привлек к себе внимание в последние годы. Эта система обеспечивает некоторые преимущества по сравнению с традиционными системами, включая повышенную устойчивость, улучшенную структурную целостность и повышенную архитектурную гибкость. Инновации в проектировании системы diagrid позволили инженерам расширить границы в конструкционном строительстве, создавая культовые здания, которые не только эстетически привлекательны, но и очень функциональны.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. Cheng, J. C. Huang, and J. L. Xia, "Diagrid Structures: Systems, Connections, Details," *Engineering Structures*, vol. 30, pp. 1883-1891, 2008.
2. M. F. Ashby, "Materials and the Global Environment: Waste and the Circular Economy," *Annual Review of Materials Research*, vol. 49, pp. 1-28, 2019.
3. Y. Wang, S. R. Lo, and J. H. Yoon, "Digital Fabrication of Diagrid Structures: A Review," *Automation in Construction*, vol. 116,
4. L. Li, R. Li, and X. Wu, "Cloud-Based Collaboration System for Construction Project Management," *International Journal of Information Technology and Decision Making*, vol. 17, no. 2, pp. 337-352, 2018.
5. M. P. Nielsen, "Design and Optimization of Diagrid Structures," *Journal of Structural Engineering*, vol. 143, no. 5, 2017.

ПРОБЛЕМА ВТОРИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБАХ И ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ

В. В. Медведько¹, А. Г. Первов²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ v.gevorkova@yandex.ru

Аннотация

Вода в городских водопроводных сетях отвечает требованиям Всемирной организации здравоохранения (ВНО) к питьевой воде, однако в ряде случаев наблюдается снижение качества, и соответственно наблюдаются жалобы потребителей. С одной стороны, технологии, применяемые при подготовке питьевой воды, службой водоканалов позволяют обеспечить повышение ее качества очистки по показателям мутности, цветности, окисляемости и др. С другой стороны, мы сталкиваемся с жалобами на низкое качество водопроводной воды. В свою очередь, представители водоканалов указывают на плохое состояние водопроводных сетей, вызванное коррозией труб, а также отложениями в трубах, при этом ряд специалистов категорически полностью отрицают возникновение образования отложений и коррозии в виду высокой скорости потока.

Предмет исследования: явление вторичного загрязнения водопроводной воды, после станций водоподготовки.

Цели: создание алгоритма для проверки и автономной доочистки вторичных загрязнений в водопроводных трубах и ее предотвращения.

Материалы и методы: в работе предпринят метод изучения проб воды после применения различных методов очистки, с помощью метода инфракрасной спектроскопии, что дало возможность оценки различных диапазонов молекулярных весов органических веществ, содержащихся в воде и оценки эффективности различных методов их удаления.

Результаты: В работе предпринят метод изучения проб воды после применения различных методов очистки, с помощью метода инфракрасной спектроскопии, что дало возможность оценки различных диапазонов молекулярных весов органических веществ, содержащихся в воде и оценки эффективности различных методов их удаления.

Выводы: Изложенные выше результаты наблюдений требуют изучения жизнедеятельности различных микроорганизмов, содержащихся в очищенной воде после водоочистных станций и их влияние на формирование биологических отложений в трубопроводах. Наличие низкомолекулярных органических веществ в водопроводной воде требует применения мембранных методов (наночистки) для получения очищенной воды более высокого качества.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений научных исследований является изучение автономных систем водоснабжения, данный интерес возникает из-за ряда причин:

1. возникает большое недоверие к качеству водопроводной воды у потребителей, что требует использование собственных систем очистки водопроводной воды.
2. возникает много новых источников водоснабжения, которые отличаются большим количеством загрязнений

Прежде чем заниматься очисткой водопроводной воды, необходимо разобраться в проблеме с качества питьевой воды. Возникает логичный вопрос, с чем же связано возникновения явления вторичного загрязнения: с неудовлетворительной очисткой воды на станциях водоподготовки или с вторичными загрязнениями вовремя транспортировки по сетям водоснабжения. Данная проблема оказалась противоречива.

Уже давно остро стоит проблема, связанная с качеством питьевой воды. Многие москвичи негативно отзываются о качестве питьевой воды. При подготовке питьевой воды Мосводоканал строго придерживается требований санитарных правил и норм (СанПиН), установленных в настоящее время в Российской Федерации. Технологии водоподготовки воды позволяют употреблять московскую водопроводную воду прямо из-под крана без дополнительной очистки. Даже если станции водоочистки и справляются со своей работой, и дают городу чистую воду, отвечающую требованиям СанЭпидНадзора, нельзя быть уверенным, что к нам в дом вода приходит все такой же чистой!

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В ходе подготовки данной статьи, авторы опирались на следующие источники и статьи.

Одной из первых групп ученых, поднявших вопрос вторичного загрязнения в трубах, были Первов А.Г., Спицов Д.В. и Андрианов С.П. В своей статье они поднимают вопрос об основных направлениях улучшения качества воды в современных зданиях и ее использования для хозяйственно-питьевых нужд и целей теплоснабжения. Приведены технологии и виды оборудования, используемые для удаления из воды взвешенных и коллоидных частиц, бактерий. Представлены экспериментальные данные и экономические расчеты, демонстрирующие преимущества технологии нанофильтрации по сравнению с классическими осветлительно-сорбционными фильтрами. [1]

Черкасова С.В. в своей статье утверждает, что одна из наиболее трудных проблем при проектировании системы очистки возникает при столкновении с микробиологическими загрязнениями, либо присутствующими в исходной воде, либо вносимыми в очищенную воду в процессе ее дальнейшей обработки. Можно привести тысячи примеров, когда недооценка микробиологической опасности исходной воды или возможности возникновения постзагрязнений приводила к выходу из строя оборудования очистки. [2]

Также в своей работе [3] группа авторов поднимает важный вопрос о необходимости проведения анализа гидравлической модели водопроводной сети города Тюмени с целью выявления зон с наибольшей вероятностью вторичного загрязнения воды продуктами коррозии. К таким зонам были отнесены участки: с ограниченным водоразбором; с высокими скоростями движения воды и локальными изменениями скорости и направления потока; с высокой степенью износа трубопроводов. Выполнен отбор проб воды на ряде участков. Несмотря на удовлетворительное качество воды, поступающей в водопроводную сеть после станций водоочистки, у конечных потребителей может наблюдаться ухудшение ее качественных показателей, в частности, по содержанию общего железа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Очищенная вода, поступающая в водопроводную сеть города, в процессе транспортировки может получать вторичные загрязнения в результате контакта с чугунными и стальными трубопроводами и арматурой. Наиболее распространённым видом вторичных загрязнений являются продукты коррозии металлов.[4,5] Данные вторичные загрязнения мы можем наблюдать в виде подтеков ржавчины (оксида железа).

В основе процессов коррозии лежат окислительно-восстановительные реакции металлов с водной системой, которые сопровождаются переходом металлов в более устойчивое термодинамическое состояние.

Коррозийные процессы, протекающие на поверхности материала труб, зависят от физико-химических условий в приповерхностном слое, скорости потока и других факторов.[6]

В водопроводных сетях обогащение воды продуктами коррозии наиболее вероятно на участках интенсивного развития колоний железобактерий.

Железо содержащиеся в воде, провоцирует развитие железобактерий. Они объединяются в колонии и образуют на внутренней поверхности труб ржавые бугры высотой

до 10 мм, затем превращающиеся в коррозионные отверстия – свищи, через которые происходит утечка воды. При этом вода дополнительно насыщается окислённым трехвалентным железом.

Пока косвенным показателем наличия биообрастания в трубопроводах являются результаты спектроскопического анализа водопроводной и речной воды.

В работе предпринят метод изучения проб воды (речной и водопроводной) после применения различных методов очистки, с помощью метода инфракрасной спектроскопии, что дало возможность оценки различных диапазонов молекулярных весов органических веществ, содержащихся в воде и оценки эффективности различных методов их удаления.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как видно на полученной спектрограмме воды максимумы графиков соответствуют максимальному светопоглощению с разной длиной волны. У речной воды такие максимумы совпадают 400-500 нм, у водопроводной воды, которую мы получили из крана, таких максимумов уже нет, однако присутствуют максимумы 380-350, что говорит о наличии низкомолекулярных органических веществ, которые отвечают за окисляемость.

В ряде случаев, вода отобранная в лабораториях НИУ МГСУ содержала максимумы не только на 350 нанометром, но и 310 нанометром, это говорит о присутствии совсем низкомолекулярных органических веществ, которых нет в речной воде, и они могут быть продуктами жизнедеятельности бактерий.

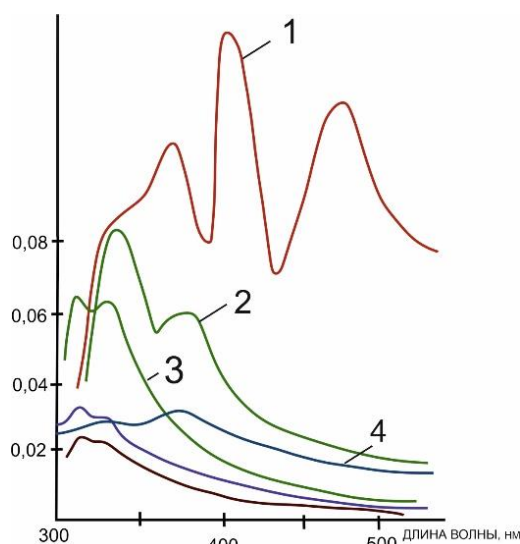


Рис. 1. Спектрограмма: 1- речная вода; 2,3 - водопроводная вода (отобранная в разные временные промежутки); 4 – очищенная водопроводная вода с применением нанофильтрации.

ВЫВОДЫ

Рассмотрев, ряд литературных данных на тему присутствия в воде бактерий и можно сделать следующие выводы:

1. Бактерии имеют огромное влияние, не только на качество питьевой воды, но и на формирование отложений в трубах. Статьи, написанные биологами [7,8], утверждают, что коррозия водопроводных труб основана на деятельности железобактерий, которые непосредственно управляют скоростью данного процесса.
2. Так же на трубах имеют места быть биологические обрастания, например водоросли, что связано зачастую с плохой дезинфекцией, то есть вина лежит на станциях водоподготовки. С другой стороны, нам всем ясно, что вода хлорируется, но хлорирование часто может и не влиять на рост биоплёнки, так как хлор может на ранних стадиях поглощаться биологическими обрастаниями.

Необходимо уметь контролировать и идентифицировать присутствие различных микроорганизмов в очищенной воде, подаваемой водопроводом. От этих микроорганизмов зависит, какие в процессе коррозии, биообрастания и соответственно качество воды. Поэтому мы должны контролировать на выходе из станции водоподготовки не только мутность, цветность и окисляемость, но и биоценоз существующих микроорганизмов и уметь его удалять. На сегодняшний день это может делать система ультрафильтрации (рис. 2), ей под силу задерживать любые бактерии и вирусы. В случае если мы имеем дело с продуктами коррозии и жизнедеятельность бактерий с повышенной окисляемостью, то единственным эффективным методом может быть установки нанофильтрации (рис. 3), которые применяются для доочистки водопроводной воды на автономных объектах.



Рис. 2. Установка ультрафильтрации



Рис. 3. Установка нанофильтрации

ЛИТЕРАТУРА

1. Первов А. Г. и др. Новые технологии и аппараты на основе методов ультра-и нанофильтрации для систем водоснабжения и теплоснабжения //Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – №. 7. – С. 12-19.
2. Черкасов С. В. Проблемы микробиологических загрязнений систем водоснабжения //Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2005. – №. 8.
3. Турнаева Е. А. и др. Изменение качественных характеристик воды в результате вторичного загрязнения в водопроводных сетях города Тюмени //Современные наукоемкие технологии. – 2015. – №. 12-1. – С. 53-57.
4. Wang T. et al. China's drinking water sanitation from 2007 to 2018: A systematic review //Science of the Total Environment. – 2021. – Т. 757. – С. 143923.
5. Proctor C. R. et al. Wildfire caused widespread drinking water distribution network contamination //AWWA Water Science. – 2020. – Т. 2. – №. 4. – С. e1183.
6. Тунакова Ю. А. и др. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВТОРИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ВОД И ЕЕ АДЕКВАТНОЙ ДООЧИСТКИ //Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2020. – №. 11. – С. 38-43.
7. Rapciak D. et al. The impact of the quality of tap water and the properties of installation materials on the formation of biofilms //Water. – 2019. – Т. 11. – №. 9. – С. 1903.
1. 8. Богданова О. Ю., Черных Т. Ф. Микробиологический анализ качества водопроводной и фильтрованной воды г. Санкт-Петербурга с учетом современных требований //Формулы Фармации. – 2022. – Т. 4. – №. 1. – С. 70-75.

НОРМАТИВНАЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ, ВЛИЯЮЩАЯ НА КАЧЕСТВО РАБОТ

А. Д. Плотников¹, О. А. Король²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ andrej.plotnikov.1998@inbox.ru

Аннотация

Нормативное и правовое регулирование является залогом качественного выполнения работ. Однако, несоответствие нормативных и правовых актов друг другу приводит к разночтению в области регулирования, что в свою очередь снижает качество контроля за производством.

Предмет исследования: нормативное регулирование в области капитального ремонта многоквартирных домов, несоответствие нормативных и правовых актов Российской Федерации в области капитального ремонта многоквартирных домов друг другу.

Цели: выявить главные аспекты взаимного несоответствия основных нормативных и правовых актов Российской Федерации в области капитального ремонта многоквартирных домов.

Материалы и методы: анализ нормативной и правовой документации Российской Федерации.

Результаты: представлены основные примеры несоответствия нормативных и правовых актов Российской Федерации в области капитального ремонта многоквартирных домов друг другу, сделаны выводы последствия данных несоответствий друг другу.

Выводы: имеется острая необходимость урегулирования взаимной сочетаемости нормативных и правовых актов Российской Федерации.

ВВЕДЕНИЕ

В течении последнего десятилетия стремительно изменяется система ремонтов многоквартирных домов. Формирование системы капитальных ремонтов в субъектах РФ в 2015 году превратилось в крупные региональные программы рассчитанные на 2-3 десятилетия (в зависимости от региона). Появление таких программ во многом обесценило выборочный капитальный ремонт. В результате этого в 2019 году ему на смену пришла система охранно-поддерживающих ремонтов, выполняющих функцию выборочного капитального ремонта объектов, подлежащих сносу или реконструкции в последующие годы. Планово-предупредительный ремонт, являющийся основным видом некапитального ремонта, приобрел организованный вид, при котором работы выполняются в соответствии с плановыми сроками, а не по потребности, определяемой управляющей организацией или советом многоквартирного дома. Аварийные ремонты стали фиксироваться, их объёмы и частотность стали проверяемы.

Создание новой структурированной системы ремонтов требует обновления системы контроля качества ремонтно-строительных работ. Каждый из видов ремонтов, имея свою уникальную специфику, нуждается в индивидуальном подходе к обеспечению контроля качества производства работ. Система контроля качества производства ремонтно-строительных работ в многоквартирных домах должна соответствовать современным правовым и нормативным нормам, оставаясь главным инструментом контролирующих организаций и надзорных органов исполнительной власти.

Научное обоснование систем контроля качества производства ремонтно-строительных работ является необходимым требованием в виду усложнившейся системы проведения элементов ремонтно-строительных работ, таких как получение аккредитаций, конкурсные процедуры, сложные системы взаимосвязей между заказчиком и генеральным подрядчиком, процедуры сдачи-приёмки работ и прочее.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Исследование основано на рассмотрении 5 основных документов в области капитального ремонта многоквартирных домов.

Основным законодательным актом Российской Федерации, определяющий правила проведения капитального ремонта является Жилищный кодекс РФ [1]. Статьей 166 регулируются виды работ, в рамках которых выполняется капитальный ремонт многоквартирных домов. Частью 2 данной статьи предусматривается расширение данного перечня постановлением высшего органа исполнительной власти субъекта РФ.

Градостроительным кодексом РФ [2] согласно статье 1 определяются понятия видов ремонтов (в том числе многоквартирных домов).

ГОСТ Р 56535-2015 [3] и ГОСТ Р 56193-2014 [4] также определяют виды ремонтов многоквартирных домов и направлены на исполнение требований ГОСТ Р 56192-2014 [5]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время в Российской Федерации нормативно определена вертикальная система ремонтов.

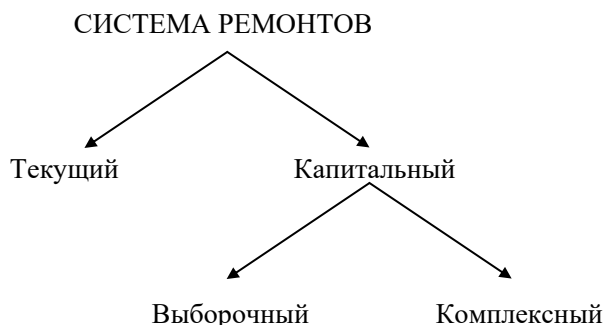


Рис. 1. Система ремонтов МКД Российской Федерации, согласно нормативным документам

Согласно ГОСТ Р 56535-2015 [3]:

- текущий ремонт – это комплекс работ (услуг), включенных в план работ и проводимых в рамках содержания общего имущества многоквартирного дома, связанных с восстановлением потерявших в процессе эксплуатации функциональную способность частей многоквартирного дома, на аналогичные или иные, улучшающие показатели до их нормативного состояния, когда объем таких работ не превышает тридцати процентов от ремонтируемого имущества.

Согласно ГОСТ Р 56193-2014 [4]:

- капитальный ремонт общего имущества многоквартирного дома – это комплекс работ (услуг) по замене и (или) восстановлению (ремонту) потерявших в процессе эксплуатации несущую и (или) функциональную способность конструкций, деталей, систем инженерно-технического обеспечения, отдельных элементов несущих конструкций многоквартирного дома на аналогичные или иные улучшающие показатели до их нормативного состояния, когда объем таких работ превышает текущий ремонт;
- капитальный ремонт выборочный – это замена (восстановление) общего имущества многоквартирного дома или отдельных его частей, производимая по отношению к меньшей части (некоторым частям) общего имущества многоквартирного дома;

– капитальный ремонт комплексный – это замена, восстановление и (или) ремонт общего имущества многоквартирного дома или отдельных его частей, производимые по отношению к большей части общего имущества многоквартирного дома.

Данная система ремонтов не включает в себя две разновидности ремонтов – аварийный и охранно-поддерживающий. Данные виды ремонтов не имеют нормированного определения.



Рис. 2. Система ремонтов, фактически применяемая при эксплуатации МКД в Российской Федерации

Как итог получается полное отсутствие контроля качества за производством ремонтно-строительных работ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения данной проблемы необходимо в первую очередь, учитывая нормы ГОСТ Р 56192-2014 [5], привести требования Градостроительного кодекса РФ [2] в части регулирования капитального ремонта к требованиям раздела 9 Жилищного кодекса РФ [1], в том числе в области определения понятия «капитальный ремонт» учитывая статью 166 Жилищного кодекса РФ [1]. Кроме того, следует разработать единый федеральный нормативно-правовой акт относительно видов ремонтов для всех субъектов Российской Федерации.

Учитывая принятую с 2015 года правоприменительную практику нормативных и законодательных актов основываться в первую очередь на Жилищном кодексе РФ [1] необходимо привести к единому стандарту.

Кроме того, основываясь на том факте, что в каждом субъекте РФ, за исключением Херсонской и Запорожской областей, Донецкой и Луганской народных республик, разработаны региональные программы расселения и сноса ветхого, аварийного, а в ряде регионов морально устаревшего жилья, необходимо унифицировать понятие «охранно-поддерживающего ремонта. Это позволит применять инструментарий поддержки работоспособности инженерных систем и строительных конструкций в зданиях, находящихся в очереди на расселение и снос, и избегать выхода систем из строя и несчастных случаев.

Понятие аварийного ремонта также стоит унифицировать.

Всё это будет способствовать улучшению качества надзора со стороны государственной жилищной инспекции и организаций технического надзора.

ВЫВОДЫ

Для улучшения качества контроля за выполнением ремонтно-строительных работ имеется необходимость нормативной и правовой документации.

Следует дать законодательную оценку имеющимся понятиям «капитальный ремонт», «аварийный ремонт». Кроме того следует сформулировать нормативное определение понятию «охранно-поддерживающий ремонт».

Всё это поможет единообразно трактовать законодательные и нормативные акты и избегать разночтений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 29.12.2004 N 188-ФЗ (ред. от 21.11.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) "Жилищный кодекс Российской Федерации".
2. Федеральный закон от 29.12.2004 N 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации".
3. ГОСТ Р 56535-2015. Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги текущего ремонта общего имущества многоквартирных домов. Общие требования М.: НПСО «УКЖКХ Калининградской области», 2015.
4. ГОСТ Р 56193-2014. Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов. Общие требования М.: НПСО «УКЖКХ Калининградской области», 2014.
5. ГОСТ Р 56192-2014. Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги содержания общего имущества многоквартирных домов. М.: НПСО «УКЖКХ Калининградской области», 2014.

ТЕПЛОВОЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЛУЧИСТЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

А. Е. Руин¹, А. А. Смыков², М. В. Бодров³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», 603000, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д.65,

¹ ruin199920@yandex.ru

² aleksandrsmyskov@gmail.com

³ tes84@inbox.ru

Аннотация

Предмет исследования: заключается в исследовании влияния систем лучистого водяного отопления на тепловой и температурный режим ограждающих конструкций здания. Данная система позволяет более эффективно использовать энергетические ресурсы.

Цель: изучить влияние водяного лучистого отопления на теплозащитные характеристики ограждающих конструкций.

Материалы и методы: были рассмотрены излучающие профили фирмы ООО «Флайг+Хоммель» и биметаллические радиаторы.

Результаты исследований: была получена зависимость влияния лучистого отопления на теплотехнические характеристики ограждающих конструкций здания.

Выводы: использование систем отопления с водяными инфракрасными излучателями позволяет снизить потребление энергоресурсов по сравнению с конвективными.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с увеличением стоимости тепловой энергии и увеличением её потребления, вопрос о возможности снижения потребления энергетических ресурсов стал одним из самых актуальных в строительной отрасли во всем мире [1]. Основными потребителями тепловой энергии являются здания крупнообъемной конфигурации [2]. Для данного типа зданий наиболее эффективным способом энергосбережения является применение систем лучистого отопления [3]. Данные системы отопления потребляют меньшее количество тепловой энергии по сравнению с конвективными системами, но при этом не ухудшается уровень теплового комфорта [4].

Особенность систем лучистого отопления заключается в подаче тепловой энергии непосредственно в рабочую зону [5, 6]. Энергия от инфракрасного излучателя накапливается в приповерхностном слое облучаемой поверхности, образуя конвекционные потоки, которые нагревают воздух в обслуживаемой зоне. Эти особенности приводят к снижению энергопотребления [7].

Системы лучистого отопления с применением «светлых» или «темных» излучателей наиболее энергоэффективны [8, 9]. Промежуточный теплоноситель в таких системах отсутствует, а теплота передается в помещение напрямую от сгорания газового топлива [10]. В помещениях с повышенными требованиями пожарной безопасности, применение выше приведенных излучателей недопустимо [11]. При применении «светлых» газовых излучателей в помещение выбрасываются продукты сгорания газового топлива и появляется необходимость в увеличении производительности системы принудительной вентиляции, что ведет к ее удорожанию. А также применение данных систем может быть экономически нецелесообразно, так как подключение газа во многих районах затруднено.

Системы лучистого отопления с применением водяных инфракрасных излучателей, являются наиболее эффективными, при этом их область применения неограничена [12]. Теплоноситель в данной системе - вода, с температурой до 150 °С, а отопительными приборами является алюминиевые профили сложной геометрической формы. Тепловая

энергия передается от энергоносителя алюминиевому профилю, который излучает электромагнитные волны и отапливает рабочую зону в обслуживаемом помещении.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Применение систем отопления с водяными инфракрасными излучателями экономически целесообразно в крупнообъемных помещениях, что подтверждается исследованиями, проведенных на территории Российской Федерации [2, 3]. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ) совместно с компанией ООО «Флайг+Хоммель» сформировали учебно-научный исследовательский центр «Системы отопления с использованием низкотемпературных инфракрасных излучателей» (УНИЦ«СОНИИ»), который направлен на изучение систем лучистого отопления с водяными инфракрасными излучателями (ВИИ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основе УНИЦ «СОНИИ», ФГБОУ ВО ННГАСУ находится лаборатория лучистого отопления с ВИИ (рис. 1). В рамках оборудования лаборатории был закуплен комплекс уникальных приборов, необходимых для проведения исследований.



Рис. 1. Общий вид Лаборатории лучистого отопления

Параметры профиля марки Helios 750: ширина/высота – 170/170 мм. Параметры профиля марки Flower 125: ширина/высота – 125/125 мм. Профили изготавливаются из коррозионностойкого, анодированного алюминиевого сплава (AlMgSi0,5), рабочее давление – 1 МПа.

Опытные образцы разработаны и предоставлены промышленными партнерами. Испытательная установка состоит из излучающих профилей длиной 1 м каждый, которые могут быть отключены попеременно для имитации отдельных участков системы и применить известные методы испытаний, для создания и совершенствования методов проектирования систем лучистого отопления.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наружная стена является частью лабораторного оборудования и используется для исследования теплового режима помещения, и позволяет изменять толщину теплоизоляции от 0 до 150 мм. В эксперименте использовали теплоизоляционные панели марки «Пеноплэкс Основа» ($\lambda_B = 0,032 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$). Для измерения теплового потока использовался прибор «Теплограф», с модулем-02. Измерения были выполнялись в соответствии с методикой [7]. Схема экспериментов приведена на рисунках 2 и 3.

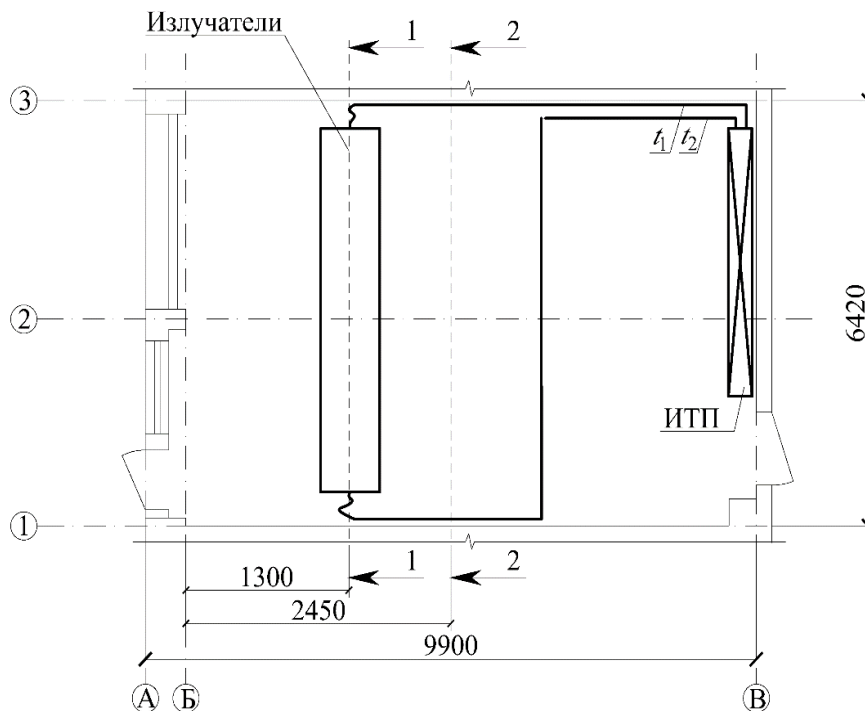


Рис. 2. План Лаборатории лучистого отопления ННГАСУ

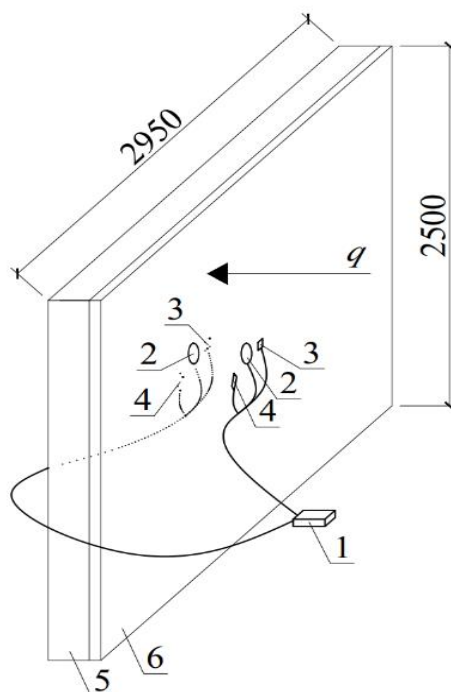


Рис. 3. Лабораторная установка в составе: 1 – «Теплограф»; 2 – датчики плотности теплового потока; 3 – датчики температуры поверхности; 4 – датчики температуры воздуха; 5 – стена наружная; 6 – изоляция «Пеноплэкс Основа»

Был исследован температурный режим помещения при лучистом (первый этап) и конвективном (второй этап) системах отопления. В результате мы получили следующие экспериментальные данные (рис. 4).

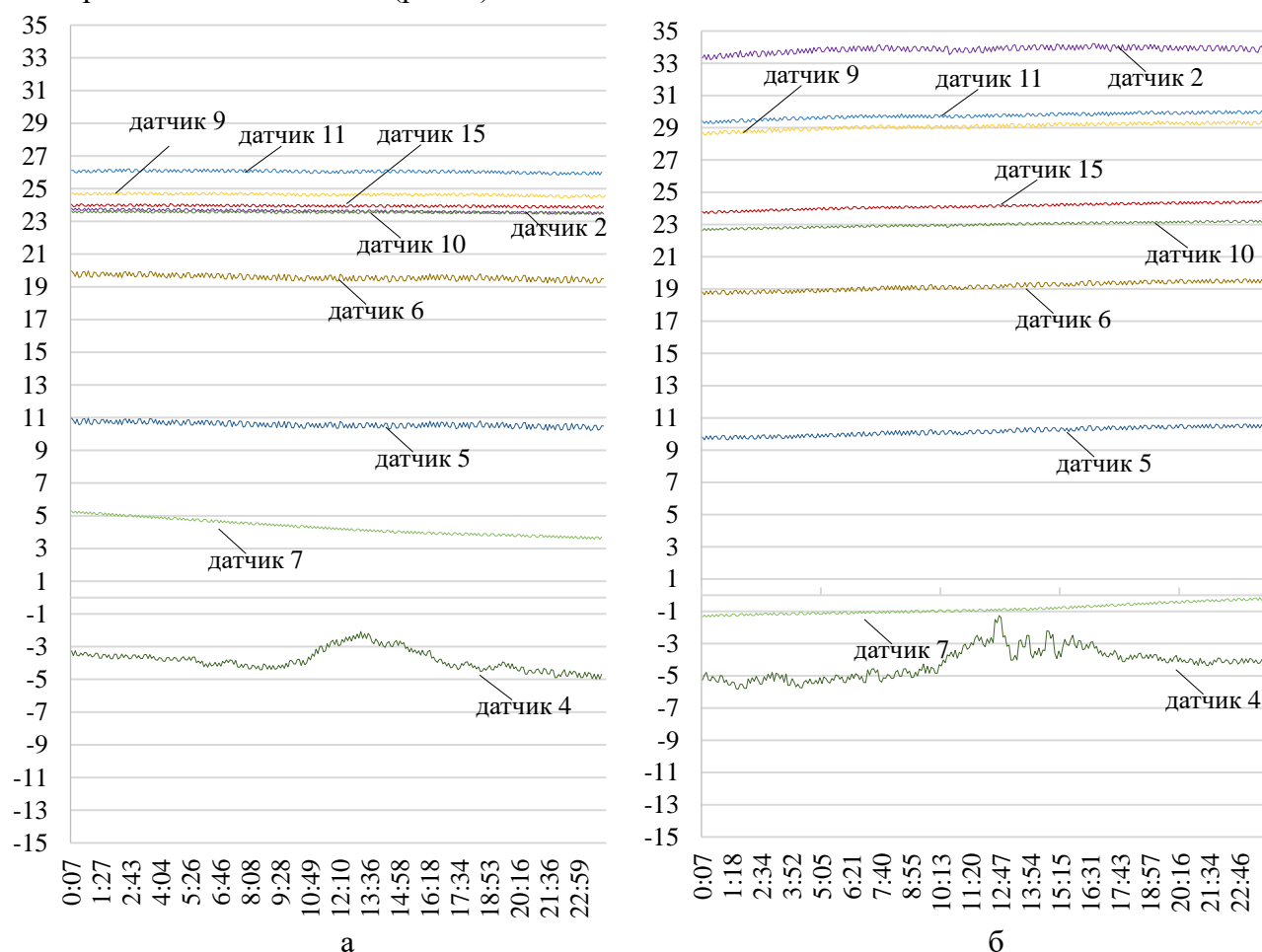


Рис. 4 – Показания датчиков при исследовании температурного режима помещения: а, б – на первом и втором этапе соответственно.

По выше представленным результатам можно сказать следующие:

1. При первом этапе эксперимента показания датчиков на потолке меньше, чем во втором этапе, что говорит о меньшей температурной стратификации. При этом даже при размещении датчиков непосредственно над излучающим профилем показатели ниже на первом этапе.

2. Датчики, располагаемые на поверхности потолка отапливаемого помещения, показали более низкие значения при применении лучистой системы отопления. Что указывает на меньшую температурную стратификацию при использовании лучистого нагрева.

3. Датчики, расположенные на полу, показали более низкие результаты при проведении второго этапа эксперимента, что обусловлено более низкой плотностью излучения поверхности пола.

4. Температурный режим рабочей зоны, во время проведения первого и второго этапа, почти не отличался, так как показания датчиков, располагаемых вдали от нагревательных приборов почти, не отличались.

5. Датчики, расположенные на стене вблизи отопительных приборов при проведении второго этапа эксперимента, показали более высокие данные.

Эксперименты проходили в два дня со схожими параметрами наружного воздуха. Параметры теплоносителя и мощности систем лучистого и конвективного отопления, для

чистоты эксперимента, были отрегулированы. Полученные результаты исследования показаны на рисунке 5.

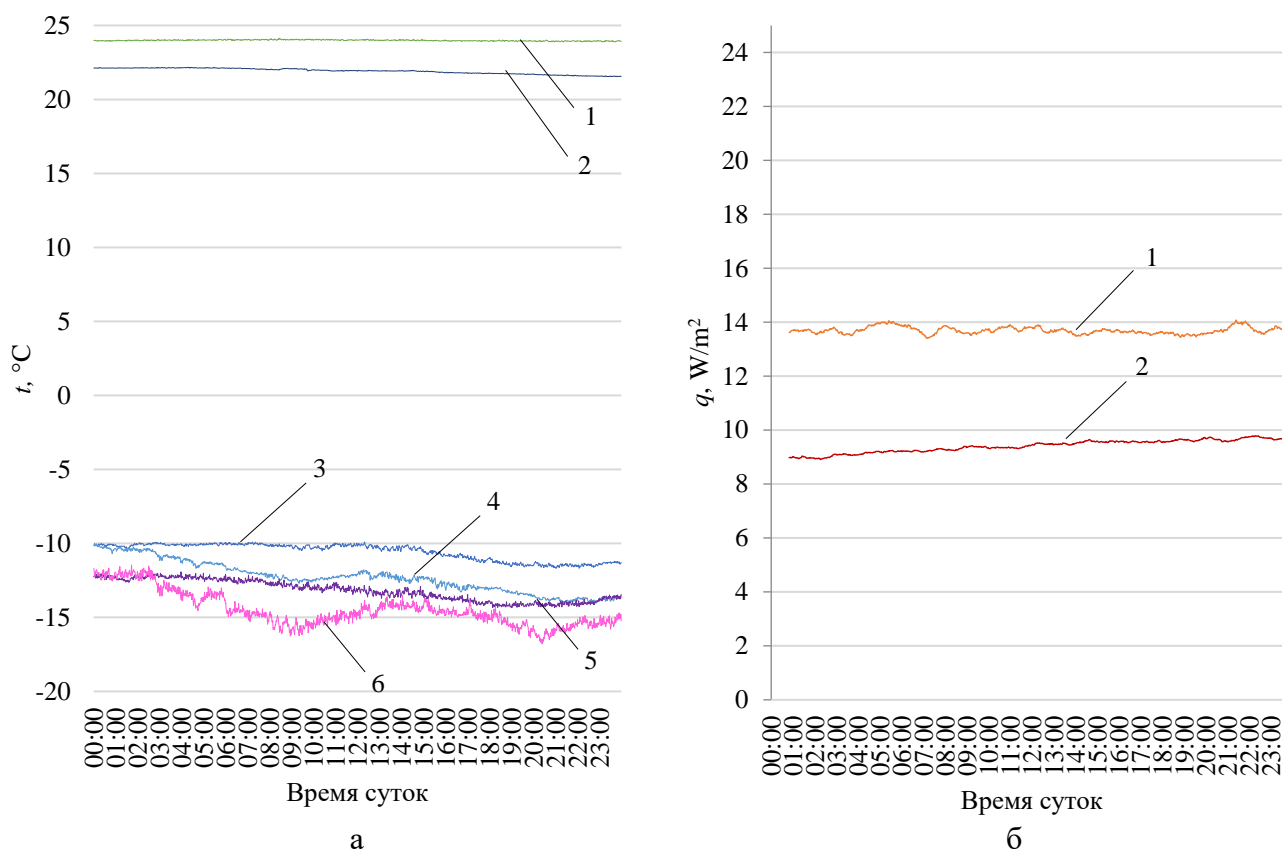


Рис. 5 - Показания датчиков. а – показания датчиков температуры: 1, 2 – температура на внутренней поверхности, во время проведения первого и второго этапа соответственно, 3, 4 – температура на наружной поверхности, во время проведения первого и второго этапа соответственно, 5, 6 – температура наружного воздуха, во время проведения первого и второго этапа соответственно; б – показания датчиков плотности теплового потока: 1, 2 – на первом и втором этапе соответственно.

По выше представленным результатам можно сделать следующие выводы:

1. Датчики, расположенные на наружной стене, показали более низкие показатели, что говорит об отсутствии ее облучения.
2. На втором этапе эксперимента температурный напор и тепловой поток были ниже, чем на первом этапе.
3. Во время второго этапа эксперимента, температурный напор между температурой внутреннего воздуха и температурой внешней поверхности был ниже, что указывает на более высокую относительную температуру на облучаемой поверхности.

ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Системы лучистого отопления с применением водяных инфракрасных профилей могут значительно уменьшить температурную стратификацию внутреннего воздуха, не только в помещениях большого объема, но и в меньших, по объему, помещениях. В результате чего снижается для теплопотерь через покрытие помещения.
2. Системы водяного лучистого отопления имеют высокий коэффициент лучистой теплопередачи, а следовательно, обладают высокой интенсивностью инфракрасного излучения, которое, нагревает поверхности ограждений и повышает их температуру,

защищая помещения от выпадения конденсата, что обеспечивает санитарно-гигиенические требования. Но, в то же время, вызывает более высокие тепловые потери.

3. Система позволяет снизить температуру воздуха рабочей зоны, за счет повышения радиационной температуры. Что позволяет снизить энергопотребление системы без снижения уровня температурного комфорта человека.

4. Система является наиболее энергоэффективной, что достигается за счет следующих факторов:

- снижение теплотерь через покрытие помещения за счет низкой температурной стратификации и как вследствие отсутствия тепловой подушки;

- уменьшение тепловой нагрузки на систему отопления достигается уменьшением температуры воздуха рабочей зоны, без снижения уровня теплового комфорта;

- увеличение времени дежурного отопления и уменьшения времени переходного режима за счет низкой тепловой инерции системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башмаков, И.А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения в России и за рубежом / И.А. Башмаков // Новости теплоснабжения. – 2008. – №2 (90).
2. Бодров, В.И. Температурный режим внешних ограждений помещений с системами отопления на базе газовых инфракрасных излучателей / В.И. Бодров, Л.Ю. Михайлова, А.А. Смыков // Приволжский научный журнал. – 2015. – № 2 (34). – С. 58-64.
3. Бодров М. Энергоэффективность систем лучистого отопления на основе профилей излучения на водной основе / М. Бодров, А. Смыков, М. Морозов // Инженерно–строительный журнал. - 2021. – Т. 9, № 5. – С. 1546-1557.
4. Фангер, П.О. Расчет теплового комфорта: введение базового уравнения комфорта / П.О. Фангер // ASHRAE Transaction. – 1967. – Т. 73. – С. III4.1...III4.20.
5. Кузнецов, Г.В. Экспериментальное определение температуры в малой окрестности газовых инфракрасных источников / Г.В. Кузнецов, Н.И. Куриленко, Г.Ю. Мамонтов, Л.Ю. Михайлова // EPJ Web of Conferences. – 2015. – № 82.
6. Максимов, В.И. Верификация сопряженных моделей теплообмена в замкнутом объеме с излучающим источником тепла / В.И. Максимов, Т.А. Нагорнова, Н.И. Куриленко // МАТЕС Web of Conferences. – 2016. – № 72.
7. Юнг, Н. Анализ энергоэффективности офисного здания в трех климатических зонах / Н. Юнг, С. Пайхо, Дж. Шемейка, Р. Лахделма, М. Айраксинен // Энергетика и здания. – 2018. – № 158. – С. 1023-1035.
8. Скунс, Г. Warmetechnischer, Vergleich zwischen Warmluft – und Strahlungsheizung / Г. Скунс // Международная газовая промышленность. – 1973. – № 7. – С. 252...255.
9. Иманари, Т. Тепловой комфорт и энергопотребление системы лучистых потолочных панелей / Т. Иманари. Сравнение с обычной системой кондиционирования воздуха / Т. Иманари, Т. Омори, К. Богаки // Энергетика и здания. – 1999. – № 30(2). – С. 167-175.
10. Коллмар, А. Страховая компания / А. Коллмар, В. Лизе – Мюнхен: Springer, 1957. – 142 с.
11. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стандартинформ, 2021. – 156 с.
12. Фонсека, Н. Системы радиационного потолка, связанные с окружающей средой, часть 1: Экспериментальный анализ / Н. Фонсека, К. Куэвас, В. Леморт // Прикладная теплотехника. – 2010. – № 14-15(30). – С. 2187...2195.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

А. Н. Гаряев¹, М. М. Железнов²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ andrei.gariaev@yandex.ru

Аннотация

Предмет исследования: В данной статье рассматривается применение искусственного интеллекта (ИИ) и технологии видеонаблюдения для контроля строительной техники в гидротехническом строительстве. Гидротехническое строительство включает в себя строительство различных гидротехнических сооружений, таких как плотины, дамбы, водохранилища, и др. Одним из ключевых аспектов такого строительства является эффективное управление и контроль за работой строительной техники, так как неправильное использование или отказ техники может привести к серьезным аварийным ситуациям и значительным потерям.

Цели: Основной целью исследования является исследование и разработка практического программного решения с применением ИИ и технологии видеонаблюдения для контроля строительной техники в гидротехническом строительстве с целью повышения эффективности и безопасности строительных работ за счет обнаружения сбоев в работе и простоев строительных машин, потенциальных зон опасностей, особенно важных для гидротехнического строительства.

Материалы и методы: В исследовании использовались данные из видеонаблюдения с объектов гидротехнического строительства, такие как плотины и дамбы. Для анализа видеоданных применялись методы компьютерного зрения и машинного обучения, включая обнаружение объектов, классификацию техники, анализ движения и поведения строительной техники.

Результаты: разработаны и опробованы алгоритмы искусственного интеллекта с целью практического применения при использовании технологии видеонаблюдения для контроля строительной техники в гидротехническом строительстве.

Выводы: В исследовании сделан вывод о том, что использование технологий искусственного интеллекта и видеонаблюдения имеет значительный потенциал для улучшения контроля строительной техники в гидротехнических проектах. Полученные данные свидетельствуют о том, что интеграция ИИ и видеонаблюдения в гидротехнические проекты позволяет автоматизировать множество рутинных задач, снизить вероятность человеческих ошибок, улучшить безопасность на строительной площадке, оптимизировать использование ресурсов и повысить производительность строительной техники.

ВВЕДЕНИЕ

В гидротехническом строительстве, таком как строительство дамб, водохранилищ и других гидротехнических сооружений, эффективное управление и контроль строительной техники является критически важным фактором для обеспечения безопасности и эффективности строительного процесса. Традиционные методы мониторинга строительной техники, такие как визуальный наблюдательный контроль, имеют свои ограничения, такие как ограниченность в пространстве и времени, ошибки человеческого фактора и ограниченная способность анализировать большие объемы данных.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Изучение зарубежного и российского опыта в области технологических решений, используемых при разработке ИИ [1,2,7] были выделены основные используемые архитектуры нейронных сетей.

По результатам изучения работ различных авторов [3-14], так же, были выделены преимущества нейронных сетей:

- Способность учиться и обобщать: нейронные сети могут изучать сложные отношения между входными и выходными данными и обобщать эти отношения.
- Устойчивость к шуму и отсутствующим данным: нейронные сети могут по-прежнему делать точные прогнозы, даже если входные данные зашумлены или содержат пропущенные значения.
- Обработка нелинейных отношений: нейронные сети могут моделировать нелинейные отношения между входными и выходными данными, что сложно для традиционных линейных моделей.
- Способность обрабатывать большие объемы данных: нейронные сети могут эффективно обрабатывать большие наборы данных, что делает их хорошо подходящими для приложений с большими данными.
- Универсальность: нейронные сети можно использовать для широкого круга задач, включая классификацию, регрессию и кластеризацию, а также для более специализированных задач, таких как распознавание изображений и речи.

А также недостатки нейронных сетей:

- Сложность: Нейронные сети могут быть сложными и трудными для интерпретации, что затрудняет понимание того, как они делают прогнозы.
- Переобучение: Нейронные сети могут легко подстраиваться под обучающие данные, что приводит к снижению производительности на новых данных.
- Время обучения: обучение нейронной сети может потребовать значительных вычислительных ресурсов и времени, особенно для больших наборов данных или сложных моделей.
- Отсутствие прозрачности: нейронные сети можно считать черным ящиком, поскольку может быть трудно понять, как они принимают решения, что может быть проблемой в таких приложениях, как здравоохранение или финансы, где решения оказывают значительное влияние.
- Уязвимость к враждебным атакам: нейронные сети могут быть уязвимы для враждебных примеров, когда небольшие изменения во входных данных приводят к неверным прогнозам.
- Требование больших объемов размеченных данных. Нейронным сетям часто требуются большие объемы размеченных данных для эффективного обучения, получение которых может быть сложным и занимать много времени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели в статье проводится обзор существующих научных исследований и публикаций, посвященных применению ИИ и технологии видеонаблюдения в гидротехническом строительстве. Анализируются принципы работы ИИ, такие как машинное обучение, глубокое обучение и нейронные сети, и их потенциал для автоматического распознавания и анализа работы строительной техники на основе видеоданных. Также рассматриваются возможности применения технологии видеонаблюдения, включая различные виды камер, датчиков и оборудования, для мониторинга строительной техники в режиме реального времени.

При анализе нейронных сетей были выделены самые популярные из них, они представлены в таблице 1.

Таблица 1. Виды нейронных сетей

Название архитектуры	Описание
Полносвязная нейронная сеть (Fully Connected Neural Network)	Каждый нейрон из одного слоя связан со всеми нейронами следующего слоя, что позволяет создавать сложные представления входных данных.
Сверточная нейронная сеть (Convolutional Neural Network)	Использует сверточные слои для извлечения признаков из изображений или других данных с пространственными отношениями.
Рекуррентная нейронная сеть (Recurrent Neural Network)	Может обрабатывать последовательные данные с помощью обратных связей, сохраняющих информацию о предыдущих входах.
Долгая краткосрочная память (Long Short-Term Memory)	Тип рекуррентной нейронной сети, который может избирательно запоминать или забывать информацию, что позволяет использовать его для анализа последовательных данных, где не все события имеют одинаковый вес.
Глубокая вероятностная модель (Deep Belief Network)	Используется для моделирования вероятностных распределений данных, включая неявные зависимости между признаками.
Генеративно-сопоставительная сеть (Generative Adversarial Network)	Используется для генерации новых примеров данных, обучая две нейронные сети: генератор, который создает новые примеры, и дискриминатор, который определяет, насколько правдоподобными являются эти примеры.
Трансформерная нейронная сеть (Transformer Network)	Используется для обработки последовательностей данных, таких как языковые выражения или временные ряды, с использованием механизма внимания для определения важности каждого элемента последовательности.
Сеть с рекурсивной архитектурой (Recursive Neural Network)	Используется для обработки данных с иерархической структурой, таких как деревья или графы.
Сеть с архитектурой PointNet (PointNet)	Используется для классификации и сегментации 3D-объектов без использования их геометрических признаков.
Трансформер для генерации текста (GPT)	Используется для генерации текста, используя трансформерную архитектуру и предобученные модели на больших корпусах текста.

На следующем этапе работы был сформирован пул из датасетов с открытым доступом, таких, как: Car Object Detection (118MB), Stanford Cars Dataset (2 GB), Construction Vehicle Images (1GB), Construction Vehicle (781 MB). На основе этих датасетов был разработан собственный, пробный датасет изображений строительной техники.

Набор данных (dataset) - это коллекция данных, которая используется для различных целей, таких как анализ, исследование и обучение моделей машинного обучения. В контексте ИИ и машинного обучения наличие высококачественного набора данных имеет важное значение для разработки точных и эффективных моделей.

Цель набора данных - предоставить репрезентативную выборку данных, отражающую реальные сценарии, которые модель машинного обучения призвана анализировать или прогнозировать. Набор данных служит входом для алгоритма машинного обучения и используется для обучения модели распознавать закономерности, делать прогнозы или классифицировать новые данные.

Без хорошего набора данных модель машинного обучения не сможет точно изучить основные закономерности в данных, что может привести к неточным прогнозам или классификации. Более того, наличие разнообразного и полного набора данных может помочь обеспечить достаточную устойчивость модели для обработки широкого спектра сценариев и входных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработан прототип ИИ-системы, способной идентифицировать тип строительной техники, изображенной на изображениях с видеорекамаер (см. Рис. 1).

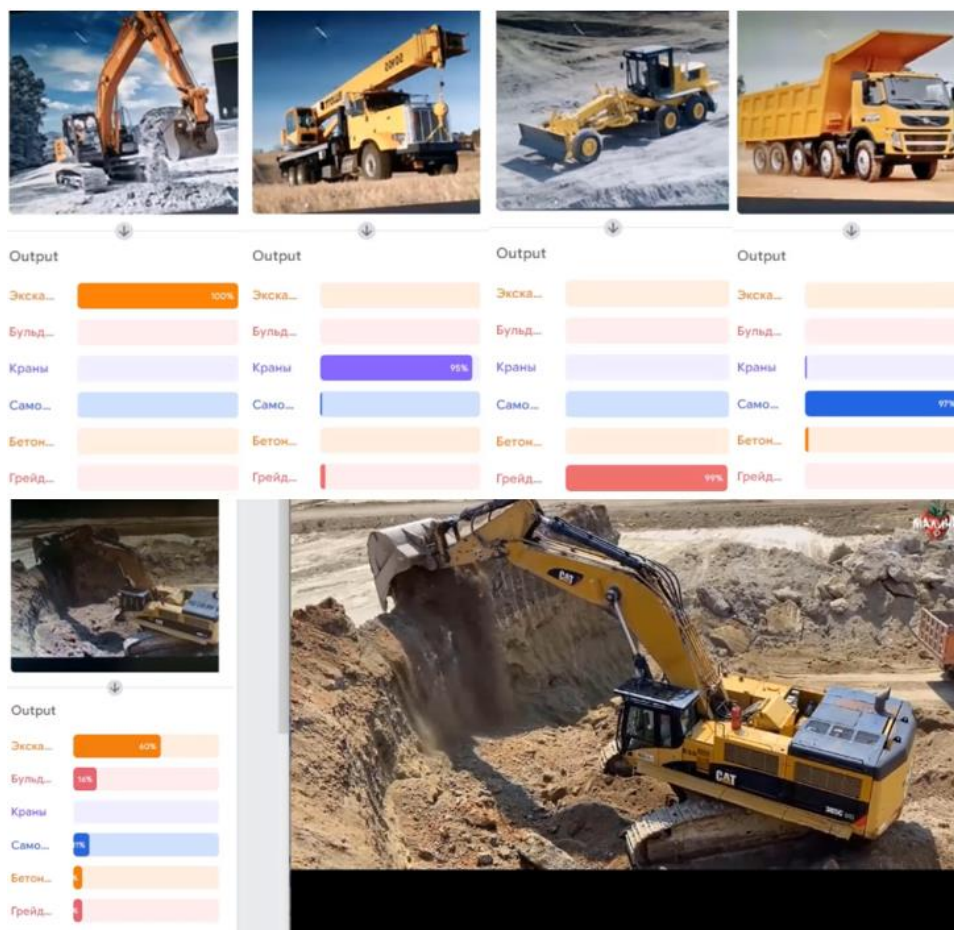


Рис. 1. Результаты работы разработанного алгоритма искусственного интеллекта по определению типа строительной техники.

Программа ИИ прошла обучение на большом наборе изображений различных типов строительной техники, таких как экскаваторы, краны и бульдозеры. Используя алгоритм нейронной сети, прототип анализирует новые изображения с камеры, выделяя определенные визуальные характеристики, уникальные для каждого типа оборудования. Сравнивая эти визуальные признаки с тем, что она узнала во время обучения, программа может определить тип строительной техники на новом изображении. Затем программа предоставляет пользователю ответ с указанием типа оборудования, который может быть использован руководителями объектов для автоматического отслеживания техники, планирования технического обслуживания или проверки местоположения. В целом, эта программа искусственного интеллекта использует алгоритмы машинного обучения для распознавания и классификации различных типов строительного оборудования на основе визуальных характеристик, предлагая потенциальные улучшения эффективности и безопасности на строительных площадках за счет улучшения мониторинга и контроля использования оборудования.

ВЫВОДЫ

Применение искусственного интеллекта (ИИ) и технологии видеонаблюдения для контроля строительной техники в гидротехническом строительстве представляет собой современный и эффективный подход, который значительно улучшает процессы контроля и управления строительными проектами. Использование ИИ и видеонаблюдения позволяет автоматизировать множество рутинных задач, снизить вероятность человеческих ошибок, улучшить безопасность на строительной площадке, оптимизировать использование ресурсов и повысить производительность строительной техники.

Дальнейшая доработка разработанной системы видеонаблюдения на базе искусственного интеллекта может позволить:

- автоматически распознавать различные объекты, такие как грузовики, экскаваторы и краны, работающие на строительной площадке. Это позволяет операторам быстро получать информацию о том, какие машины работают на строительной площадке, и следить за их движениями.
- обнаруживать аномальное поведение, например, если техника работает в неправильной зоне или превышает скорость. Это помогает операторам быстро обнаруживать проблемы и принимать меры для их устранения.
- отслеживать движение техники на строительной площадке и определять, где она находится в данный момент времени. Это позволяет операторам получать актуальную информацию о расположении техники, что помогает улучшить ее управление и предотвращать столкновения.
- анализировать данные, полученные с камер видеонаблюдения, чтобы определить, как техника используется на строительной площадке, и выявить паттерны в поведении. Это помогает операторам принимать более эффективные решения и улучшать процессы управления.
- использоваться для распознавания лиц операторов строительной техники, что помогает улучшить безопасность на строительной площадке и контролировать доступ к критическим зонам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акинин, М. В. Нейросетевые системы искусственного интеллекта в задачах обработки изображений / М.В. Акинин, М.Б. Никифоров, А.И. Таганов. - М.: РиС, 2016. - 152 с
2. Баррет, Д. Последнее изобретение человечества: искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens / Д. Баррет. — М.: Альпина нон-фикшн, 2015. — 304 с.
3. Боровская, Е. В. Основы искусственного интеллекта: учеб. пособие / Е. В. Боровская, Н. А. Давыдова. — М.: БИНОМ. Лаборатории знаний, 2014. - 127 с.
4. Демкин В. И. История и перспективы развития нейронных сетей / В.И. Демкин, Д. К.Луков // Вестник современных исследований. - 2018. - № 6.1 (21). - С. 366-368.
5. Джонс, М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / М. Т. Джонс; пер. с англ. А. И. Осипов. - М.: ДМК Пресс, 2018. - 311 с.
6. Загоруйко Ю.А. Искусственный интеллект. Инженерия знаний: учеб. пособие для вузов / Ю.А. Загоруйко, Г.Б. Загоруйко ; Новосиб. гос. унт. - М.: Юрайт, 2018. - 93 с. : табл. - (Университеты России). - Библиогр.: с. 88- 91. - ISBN 978-5-534-07198-6.
7. Isakov, Yu.A. Artificial intelligence / Yu.A. Isakov // ModernScience. - 2018. - № 6-1. - С. 25-27.
8. Garyaev N., Garyaeva V. Big data technology in construction E3S Web of Conferences. 2019. С. 01032. doi:10.1051/e3sconf/20199701032
9. Каменский Д.П., Горяев Н.А. Имитационное моделирование и система поддержки принятия решений Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 359-362.
10. Горяев Н.А., Айюб Ф., Горяев А.Н., Обработка информации цифровой модели здания на выявление элементов инженерных коммуникаций с истекшим сроком эксплуатации. Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 4. С. 57-60. eLIBRARY ID: 48361086
11. Горяева В.В., Горяев А.Н., Обработка информации при автоматизации строительного проектирования с использованием технологии генеративного дизайна Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 4. С. 61-63. eLIBRARY ID:48361087
12. Горяев Н.А., Рыбакова А.О. Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.
13. Горяев Н.А., Рыбина А.В. Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 142-150.
14. Гранкин С.Л., Горяев Н.А. Применение вычислительной сети физических объектов Научное обозрение. 2015. № 13. С. 159-162 (дата обращения: 30.01.2023).

РЕДЕВЕЛОПМЕНТ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРИЗНАКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Т. С. Мещерякова¹, В. Е. Богомольский²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ t.meshcheryakova@mail.ru

² vbogomolsky1@mail.ru

Аннотация

На сегодняшний день строительная отрасль России, а также других стран, столкнулась с проблемой поиска участков в крупных городах с высокой плотностью жилья для возведения объектов капитального строительства. Статья изучает редевелопмент с точки зрения потенциального решения данной проблемы, а также репрофилирования заброшенных территорий для развития городской экономики и качества жизни в городе. Данная тема имеет особую актуальность, так как застройщики в современных условиях экономики России и конкуренции на рынке недвижимости ищут новые способы привлечения покупателей, в том числе с помощью масштабной реорганизации крупных участков с целью создания новых жилых кварталов с развитой инфраструктурой и собственной рекреационной зоной на относительно недорогих и больших по площади участках.

Предмет исследования: Проекты редевелопмента в России и за рубежом, описание потенциальных проблем с поиском многочисленных собственников участков промзон и с переустройством участка под жилое назначение.

Цели: Провести анализ реализованных проектов редевелопмента, найти проблемы, возникающие в этом процессе, а также их решения.

Материалы и методы: В ходе исследования применяются общенаучные методы исследования: постановка проблемы и ее решение на основе научных фактов по категориям, терминологии и развитию механизма редевелопмента в историческом аспекте; анализ и системный подход позволил разобраться в существующих проблемах и противоречиях в законодательстве и сформулировать постановку существующих и прогнозных проблем.

Результаты: Разработано решение проблем редевелопмента – единый государственный реестр заброшенных территорий, позволяющий оптимизировать работу по проведению реорганизации промышленных зон для строительства нового жилья.

Выводы: Единый государственный реестр заброшенных территорий и законодательное закрепление редевелопмента повысят эффективность его проведения и ускорят процесс реинтеграции заброшенных участков города.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многие девелоперские компании пытаются найти наиболее прибыльные земельные участки для последующей продажи объектов недвижимости на данных территориях. Однако крупнейшие города России и мира имеют достаточно плотную застройку в своих границах, и девелоперам вместе с городскими чиновниками необходимо искать новые способы оптимального использования территории города для его дальнейшего социального и экономического развития.

Проблема плотной застройки городов началась после промышленной эпохи XX века. Например, в Москве все промышленные предприятия располагались на окраине города того времени – примерно в районе Третьего Транспортного Кольца. Однако после серьезного расширения территорий Москвы и строительного бума в начале 2000-ых девелоперы уже не могли найти пустые участки, на которых можно построить жилую недвижимость.

После распада СССР российская промышленность не справилась с переменами на внутреннем рынке, и такие крупные заводы Москвы как «ЗИЛ», «АЗЛК», «Серп и Молот» не

смогли продолжить выпускать свою продукцию и были вынуждены остановить производство. В итоге заводы перестали приносить городу прибыль, а их огромные площади стали подниматься в стоимости, и городские власти приняли меры по репрофилированию данных территорий с целью их реинтеграции в городскую экономику и с целью решить вопрос по обеспечению жилья горожанам Москвы в пределах ТТК [1].

В 2013 году площадь промзон Москвы составляла 18,8 тыс. га, что сопоставимо более 17% территории «старой» Москвы. Стоит также отметить, что сегодня в Центральном округе города сосредоточено 40% рабочих мест Москвы, притом, что проживает там только 8% населения. Это значительно увеличивает нагрузку на транспортную инфраструктуру, поэтому редевелопмент таких территорий позволит создать новые рабочие места, построить жилые площади внутри города и снизить нагрузку на общественный транспорт, а также повысить привлекательность проживания в таких районах [1].

Помимо промышленных зон, в Москве также есть неликвидные жилые и офисные здания, построенные еще при Советском Союзе. Здания морально устарели, их модернизация требует существенные вложения, при этом они занимают достаточно большую площадь. В этом случае также появляется возможность провести редевелопмент территории, что позволяет увеличить плотность застройки или улучшить жилищные условия горожан.

Однако редевелопмент городской территории включает в себя ряд серьезных проблем для девелоперов, которые могут серьезно повлиять на темпы строительства: большое количество разрозненных собственников, переустройство инженерных коммуникаций и транспортной доступности, технические проблемы по сносу зданий, историческая ценность зданий, получение разрешения на строительство.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В качестве используемой информации были выбраны различные источники информации – статьи в научных журналах, интервью с экспертами, а также их выступления на форумах, посвященные строительству и урбанистике. В данных информационных ресурсах эксперты описывали редевелопмент, его принципы работы, а также проблемы, с которыми сталкиваются участники проектов редевелопмента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования применяются общенаучные методы исследования: постановка проблемы и ее решение на основе научных фактов по категориям, терминологии и развитию механизма редевелопмента в историческом аспекте; анализ и системный подход позволил разобраться в существующих проблемах и противоречиях в законодательстве и сформулировать постановку существующих и прогнозных проблем.

Логический метод познания предметной области позволил оценить возможные перспективы развития редевелопмента. В основе построения эффективного механизма редевелопмента должен лежать бенчмаркинг, в виду мирового разнообразия объектов редевелопмента, что находит отражение конкретно-предметных методах исследования – сравнительном анализе. Рамочный механизм редевелопмента представлен на рис. 1:



Рис. 1. Рамочный механизм редевелопмента

Для понимания редевелопмента были найдены цитаты экспертов строительной отрасли, которые дали свою дефиницию к данному определению.

Таблица 1. Определения редевелопмента со стороны экспертов

Эксперт	Определение эксперта
Григорий Гурьянов, партнёр архитектурного бюро «Практика»	«Редевелопмент — это повторное освоение участка: создание на нем нового, более востребованного продукта недвижимости. Как правило, редевелопмент подразумевает перепрофилирование – частичную или полную замену функции, в том числе путем активного строительного вмешательства [2]».
Заур Алескеров, управляющий партнер юридической компании LDD:	«Редевелопмент — это эффективное перепрофилирование под новое направление невостребованных объектов недвижимости или нерационально используемых территорий [3]».
А.А. Лapidус, Д.В. Топчий, В.Е. Ефремова, Е.А. Кузин	«Под редевелопментом можно понимать перерождение объектов недвижимости с целью более эффективного их использования. Можно сказать, что редевелопмент — это процесс вторичного, как правило, комплексного развития территории. Это процесс, направленный на преобразование, преимущественно на базе ветхого фонда, уже имеющихся на земельном участке объектов недвижимости в совершенно новые, часто с изменением их функционального назначения [4]».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во время анализа потенциальных проблем редевелопмента, были найдены определенные трудности, с которыми сталкиваются современные застройщики. В 2018 году во время выступления на панельной дискуссии «Редевелопмент промышленных зон. Что нужно городу и чего хочет девелопер?» на московском урбанистическом форуме Алена Дерябина, генеральный директор и председатель правления компании «Донстрой», сказала следующее [5]: «Из тяжелого, то, что я вижу, это безусловно большое количество разрозненных собственников на каждой промышленной территории. Так сложилось исторически, что заводы в попытке выжить вынуждены были как-то кусками нарезать свои территории и

распродавать даже не всегда объекты недвижимости, а зачастую помещения, участки железных дорог. Зачастую на их месте возникают новые собственники, которые что-то построили. И мы с этим не можем не считаться, когда разрабатываем проекты планировок территорий. Вторая проблема, как мне кажется, это все-таки работа по созданию новой транспортной сетки и инженерной сетки».

В результате проблемы можно решить благодаря комплексному взаимодействию государственных чиновников с девелоперами. Предлагается сделать единый реестр проблемных и потенциальных к переустройству участков, по которым будет собрана вся необходимая информация, которая позволит девелоперам быстрее перепрофилировать территорию и приступить к строительству недвижимости. Все собственники получают от государственной системы уведомление о необходимости принятия решения касательно их участков – продать застройщику или войти в проект в качестве инвестора. Также перед тем, как на заброшенный участок найдется будущий девелопер, инженеры проведут анализ территории и разработают техническую документацию, которая покажет все действующие инженерные сети и будущие расположения точек подключения новых сетей и их прокладку.

ВЫВОДЫ

Для повышения эффективности редевелопмента и ускорения срока перепрофилирования заброшенного крупного участка в городе, необходимо создать единую систему редевелопмента территорий, в которую будут входить государственные чиновники, инженеры строительного надзора, а также сами девелоперы. Работа всех участников в едином информационном поле повысит скорость взаимодействия участников проектов редевелопмента, а также их принятие решений и последующих действий, направленные на реорганизацию промышленных зон.

Рекомендуется создать юридический документ, закрепляющий порядок перепрофилирования территории города с целью проведения редевелопмента. Также в документ стоит добавить само понятие редевелопмента, описать его содержание и механизм проведения данного процесса для удобства пользователей подобных проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Редевелопмент промзон. Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. Режим доступа: <https://stroim.mos.ru/renovaciya-promzon?from=cl>. Дата обращения: 15.03.23.
2. Сивцова А. Словарный запас: РЕДЕВЕЛОПМЕНТ // Журнал Strelka MAGAZINE». Режим доступа: <https://telegra.ph/Slovarnyj-zapas-REDEVELOPMENT-05-12>. Дата обращения: 21.03.23.
3. Алескеров З. О чем не стоит забывать при редевелопменте промзон в Москве. РБК Недвижимость. Режим доступа: <https://realty.rbc.ru/news/5dfa25649a7947168cd0fe3d>. Дата обращения: 21.03.2023.
4. Лapidус А.А., Топчий Д.В., Ефремова В.Е.1, Кузин Е.А. РЕДЕВЕЛОПМЕНТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ. // СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ. УДК 624.05. Режим доступа: <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2019-17-4-56-61>. Дата обращения: 22.03.23.
5. MUF2018/ Редевелопмент промышленных зон. Что нужно городу и чего хочет девелопер?/ 17.07.18. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=alNyPhjJbFk&t=2534s>. Дата обращения: 22.03.2023

PARAMETRIC MODELING IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANING

L. A. Kuznetsova

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Annotation

Object of research: parametric modeling, through which such a style of architecture as parametrisation was created. The disadvantage of this theme is the lack of a lot of experience behind the creators, since this style is quite young.

Objectives: to study and highlight the topic of parametric modeling.

Materials and methods: study of textbooks and articles in online and offline sources.

Results: education in the topic of parametric modeling, contributing to the understanding of the architecture that will be used in the future.

Conclusions: the result of the study is a brief summary of parametric modeling and its application in architecture and urban planning. Since this style of architecture has not yet been tested by time, a small number of specialists can apply it in their projects, therefore, by studying this article, architects and urban planners may be interested in developing this topic and promoting it to the masses.

INTRODUCTION

Technologies do not stand still, which means that the development of modern design methods is inevitable. Parametric modeling has radically changed both the approach to creating structures and objects, and their appearance. Completely new forms and functions of these forms stand out strongly from the general mass. The problem of studying parametric modeling is quite acute: this topic is the future, this is what my research is aimed at.

LITERATURE REVIEW

My research was based on the following works: introduction to mathematical modeling, parametric modeling, anatomy of architecture and other popular science articles

MATERIALS AND METHODS:

In this work, the method of studying scientific sources, analyzing articles and observation was used. The materials were studied in two ways: the first was reading material textbooks, the second was studying online literature. The analysis consisted in combining a large amount of information into a connected and understandable text. The observation consisted in studying already existing objects created through parametric modeling.

RESEARCH RESULTS

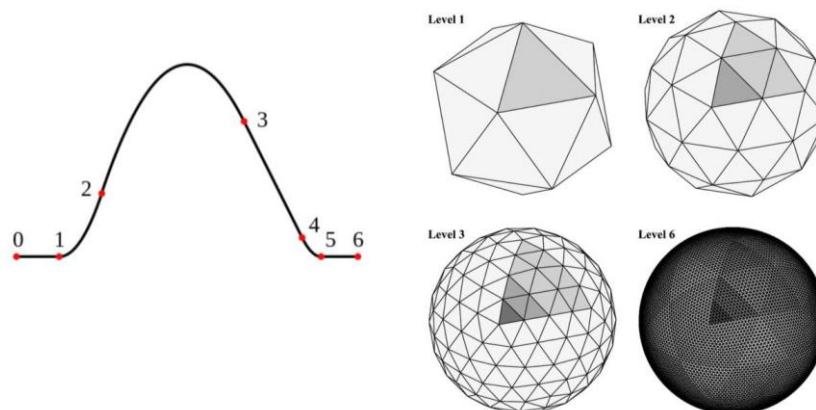
Parametricism is a visual style in which the form created by analysing of processes occurring inside the form. It appeared at the turn of the 20th and 21th century. First ideas were found in experiments with computer graphics, but even before the advent of computers Antonio Gaudi created the roots of parametricism. The most famous authors of this style are: Santiago Calatrava Jan Kaplicki, Greg Lynn, Zaha Hadid.

There is a connection between form and function. Form occurs when it is needed. For example, mobile pavilion, created by Zaha Hadid, has a construction, which transforms from roof to walls. It consists of practice value and comfort.



Pic. 1. Mobile pavilion

Visually parametricism is easy to distinguish from other styles. Streamlined and smooth forms similar to nature are often stand out among the mass of buildings. But the construction which is created by the rules of parametricism may be represented as a cube,if it is more functional from a mathematical point of view. The basic geometric shapes have been replaced by completely new shapes created using tessellation, splines, and various mathematical transformations.



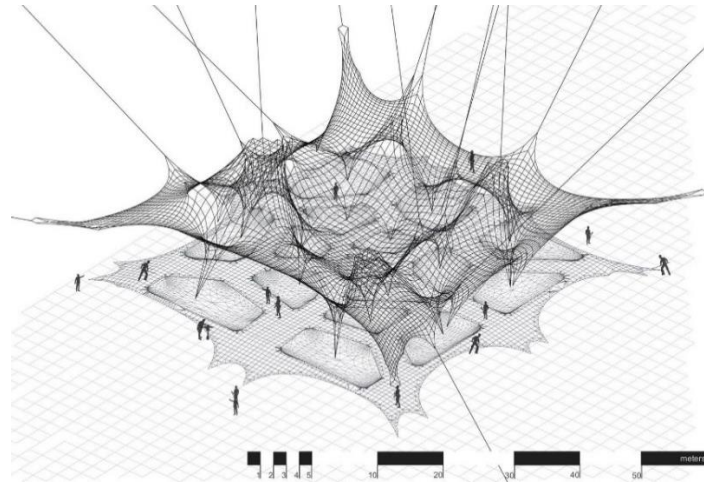
Pic. 2. Spline,Tessellation

Spline is a mathematical function that is characterized by a correspondence between the elements of the sets that way:each element of the first set has one and only one pairing element from the second set called the arrival area.Tessellation is an automated process of modifying a polygon mesh by adding new convex polygons.

The basis of the parametric sitting method is the possibility of "fitting" the characteristics to the original idea. The word "parametric" means that the geometric parameters (dimensions) of the structure can be changed at any time during the design process. A big advantage of parametric modeling is that with the help of computer software, it becomes possible to study the processes that occur in the structure of a building. Deep functional analysis is a great advantage. For this kind of activity, the use of a new generation of computer-aided design systems, for example, AutoCAD, inventor, is typical. These programs allow you to create automated models in 2D and 3D formats. The photorealistic visualization function greatly simplifies the work, it allows you to optimize the location, design and other characteristics.

Parametric diagrams. Through the development of design technologies, a new type of activity appears-the analysis of parametric diagrams. They represent abstracted information that gives a look at the design from the other side. The diagram is essentially an intermediary in the process of

translation into form in the space of selective abstraction and/or reduction of the phenomenon. There are many variations of diagrams, more or less obvious. This method is well suited for people reading information that cannot be presented in proper quality in the form of a 3D model. There are two types of diagrams: ordinary and extraordinary. Extraordinary diagrams—diagrams that present a completely new look at the structure, open up a new look at established opinions. The method of using diagrams is the study of form and design from the inside. In modern design, there has been a process of separation from traditional architectural foundations.



Pic. 3. Parametric diagram

The main idea of parametricism lies in the design of the object taking into account the environment: changes of the environment attract changes of construction. Buildings equipped with sensors are subject to a program that prescribes modification of structures that improve the functionality of the structure. Buildings of the parametricism need using BIM (Building Information Modeling). Information model is the database which meets the following conditions: the presence of a geometric binding, the possibility of calculation and analysis, the admission of necessary updates.

The main feature is an ability to representate objects in 3D equation. There is a term “parametric polymorphism”. It assumes formation major object, for example: a block consisting of a certain number of buildings, shape, size, number of floors and other not fixed characteristics. Thus it makes an algorithm which forms a net: its characteristics changes according to the number of citizens, traffic jams, a viability of transport, bike paths, tram ways etc. Amount of floors, flats and rooms is determined by the same algorithm. Parametric polymorphism allows to create a great quantity of different variations which have the same technical and constructive laws.



Pic. 4. Parametric polymorphism

Parametric polymorphism allows to create a great quantity of different variations which have the same technical and constructive laws. The practical value of parametricism irrefutable.

Regarding architecture we get high functional buildings that solve several problems at once, which are available for structures belonging to more conservative directions. The urban planning component makes it possible to consider a greater number of harmonious planning options, compiled through the use of mathematical models, which increases the clarity of calculations.

REFERENCES

1. Ashikhmin V. N., Gitman M. B., Keller I.E., Naimark O. B., Stolbov V. Y., Trusov P. G., Frick P. G. "Introduction to mathematical modeling" Moscow, 2005
2. Butenko A.A., Puchkov M.V. "Parametric modeling of the architectural and spatial environment of the city based on information technologies", Yekaterinburg, 2015.
3. Zaliznyak V. E., Zolotov O. A. "Introduction to Mathematical Modeling", Moscow, 2020.
4. Kavtaradze S. "Anatomy of Architecture: seven books on logic, form and meaning" Moscow, 2021
5. Shchelkunova L. I., Emets M. S. "Mathematical methods and non-linear architecture in the system of integrative learning" // FMO. 201

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЫНОК НЕДВИЖИМОСТИ В ЕВРОПЕ

А. Р. Тюленев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
alextyulenev@yandex.ru

Аннотация

Предмет исследования. На протяжении многих лет об уровне развития страны судили по стоимости жилья. Предметом исследования является стоимость жилой площади в странах Европы как показатель экономического, политического уровня стран.

Цели. Определить зависимость жилой площади от определенных факторов и определить модель этой зависимости.

Материалы и методы. В процессе исследования факторов были использованы однофакторный, двухфакторный анализы, регрессионный анализ.

Результаты. Получена регрессионная модель, связывающая факторы и стоимость жилья, получены данные о стоимости жилья, исходя из модели.

Выводы. Полученная модель показывает связь факторов со стоимостью жилья. Это говорит, что существует определенная взаимосвязь уровня жизни в стране со стоимостью жилья.

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир с каждым годом меняется все быстрее: уровень деревень сокращается, города становятся более прогрессивными, а вместе с ними развивается и страна. Все факторы, помогающие формированию государства, прямо пропорционально влияют на человеческое существование, поднимая на поверхность вопрос о социальной и экономической реальности населения и возможности приобретения необходимых благ. В данном случае – жилья. Поэтому актуальность данного исследования обозначена не только определением воздействия региона Европы на стоимость жилья, но также раскрывает влияние ценовых категорий недвижимости на экономические, технологические стороны развития страны.

Цель данной статьи – определить факторы, которые влияют на стоимость жилплощади.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В статье Ольги Петегерич “Обзор рынка жилья Европы: сколько строят, сколько стоит и почему сдают” описывается, почему растет стоимость жилья в Европе. Так, она считает, что основной причиной роста цены является инфляция, а также ВВП и процентная ставка в банках.

Статья Натальи Оганесян “Недвижимость в Европе: цены, налоги и стоимость содержания” описывается, какие страны в целом по совокупности факторов самые перспективные для покупки недвижимости. Такими стали Германия, Великобритания, Нидерланды.

В книге “Теория вероятностей и математическая статистика” В.А. Колемаев, В.Н. Калинина. рассмотрено применение двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями, который понадобился для того, чтобы определить, есть ли зависимость стоимости жилья от года или от страны. В книге Юденкова В.А. “Дисперсионный анализ” рассказано про применение дисперсионного анализа, про интерпретацию результатов. В книгах Максимова Т.Г., Попова И.Н. “Эконометрика” и О.В. Любимцев, О.Л. Любимцева “Линейные регрессионные модели в эконометрике” рассказано про теоретическую составляющую регрессионного анализа и примеры его использования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для начала выявим, есть ли различия в стоимости между странами, а также установим, влияет ли год или взаимодействие между годом и страной на цену. Для этого провел двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями, так как исследуем влияние страны, года и обоих факторов вместе на цену, при этом выбрав 18 стран и по 5 городов из каждой [1].

Анализ показывает, что фактическое значение критерия Фишера (F) больше критического (F критическое) с P-значением, меньшим заданного уровня значимости ($\alpha = 0,05$) в сравнении цен по годам и по странам, однако взаимодействие этих двух факторов незначительно [2].

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа

Источник вариации	F	P-значение	F критическое
Страны	124,111	4E-218	1,6346
Года	3,61996	5E-05	1,79972
Взаимодействие	0,14248	1	1,19891

Из дисперсионного анализа видно, что в разные годы – разная стоимость у жилья, однако это может быть лишь следствием инфляции. Используя индекс потребительских цен, получил следующее распределение средних цен по годам [3].

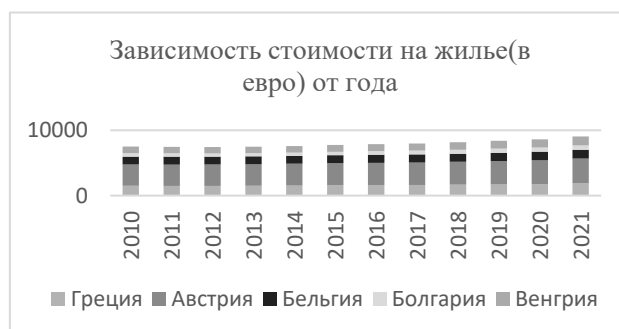


Рис. 1. Визуализация роста стоимости жилья

Заметим, что стоимость варьируется, следовательно зависит от некоторого количества параметров – факторов. Выбрав следующие параметры: ВВП, средняя температура воздуха в году, доля возобновимых источников энергии, уровень высшего образования, среднее количество комнат на человека, средний возраст жизни, доступ к быстрому интернету, процент неудовлетворенных здравоохранением, минимальная, средняя и медианная зарплаты, плотность населения, составим регрессионную модель - уравнение множественной линейной регрессии, которая свяжет факторы и стоимость жилья [4].

Получили коэффициент детерминации и нормированный коэффициент детерминации 0,62954 и 0,57959 соответственно [5]. Модель хорошая, однако если провести анализ P-значений факторов, то у средней зарплаты, медианной зарплаты и плотности населения довольно высокие показатели: 0,8; 0,87 и 0,6 соответственно. Убрав из модели среднюю зарплату и плотность населения, получились приемлемые результаты p-значений факторов.

Таблица 2. Значения р-фактора

0,0002	0,06	0,001	0,009	0,0001	0,06	0,2	0,13	0,01	0,02
--------	------	-------	-------	--------	------	-----	------	------	------

С коэффициентом детерминации и нормированным коэффициентом детерминации 0,628 и 0,59 соответственно. Само же уравнение регрессии примет вид:

$$y = 12628,8 - 0,1307 \cdot x_1 + 38,2029 \cdot x_2 + 304,485 \cdot x_3 + 62,7362 \cdot x_4 - 6259,9 \cdot x_5 - 152,45 \cdot x_6 + 9,36 \cdot x_7 + 3,16 \cdot x_8 - 188,34 \cdot x_9 + 0,41207 \cdot x_{10},$$

где x_1 -ВВП, x_2 -доля возобновимых ресурсов, x_3 -средняя температура, x_4 - уровень образования, x_5 - комнаты на человека, x_6 -средняя продолжительность жизни, x_7 - доступ к интернету, x_8 -минимальная зарплата, x_9 -процент неудовлетворенных медициной, x_{10} - медианная зарплата.

Сравним реальные данные с полученными.



Рис. 2. Средняя цена по стране

По гистограмме видны небольшие отклонения от реальных значений. Для проверки, насколько сильно значения отличаются, провел однофакторный дисперсионный анализ.

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа

Источник вариации	F	P-значение	F критическое
Между группами	0,02667	0,87138	4,170876786

Фактическое значение критерия Фишера меньше критического, P-значение больше заданного уровня значимости ($\alpha=0,05$), следовательно полученное уравнение, хоть и с ошибкой, отражает реальное положение цен. При этом средняя ошибка для группы из 16 стран равна 0,28364.

Теперь решим вопрос прогнозирования стоимости. Для этого регрессионная модель должна учитывать год.

Для этого воспользуемся данными о стоимости жилья без учета инфляции в некоторых странах Европы и данными о факторах в этих странах, таких как ВВП, доля возобновимых ресурсов, уровень образования, количество комнат на человека, средний возраст жизни, доступ к хорошему интернету, плотность населения, средняя температура за год, неудовлетворенность медициной, минимальную, среднюю и медианную зарплату. После этого провел регрессионный анализ для 2010 года, который показал следующие уровни значимости для факторов.

Таблица 4. Результаты дисперсионного анализа

Название фактора	Свободный член	vvp	dolya_vozobn	uroven_ obraz	rooms	years	dostup_k_intern	min_zp	human_density	neudovl	median_zp	mean_zp	t
Уровень значимости	0,64	0,015	0,58	0,72	0,2	0,2	0,14	0,36	0,005	0,67	0,098	0,002	0

Как видим из результатов, некоторые из факторов не вносят вклад в построение оптимальной модели, поэтому я избавился от свободного члена, доли возобновимых ресурсов, количества комнат на человека, уровня образования, минимальной зп, неудовлетворенности медициной и получил следующие значения с учетом того, что коэффициент детерминации равен 0.82 а нормированный коэффициент детерминации равен 0,81 .

Таблица 5. Результаты дисперсионного анализа

Название фактора	vvp	years	dostup_k_internetu	human_density	median_zp	mean_zp	t
Уровень значимости	0,04	0	0,04	0,003	0,0006	0	0

Исходя из данных выше, можно сказать, что совокупность факторов выбрана оптимальна.

Теперь же для каждого из параметров получим уравнение регрессии, которое свяжет значение параметра и год и получим следующее уравнение регрессии:

$$y = (0,0014 * year + 2,8373) * vvp + (1,762 * year + 3524,5) * years + (1,1822 * year + 2369,1) * dostup_k_internetu + (-0,0987 * year + 199,93) * human_density + (0,0415 * year - 84,083) * median_zp + (-0,0333 * year + 67,6) * mean_zp + (2,6115 * year - 5359) * t$$

Сравним среднюю стоимость жилья с моделируемой

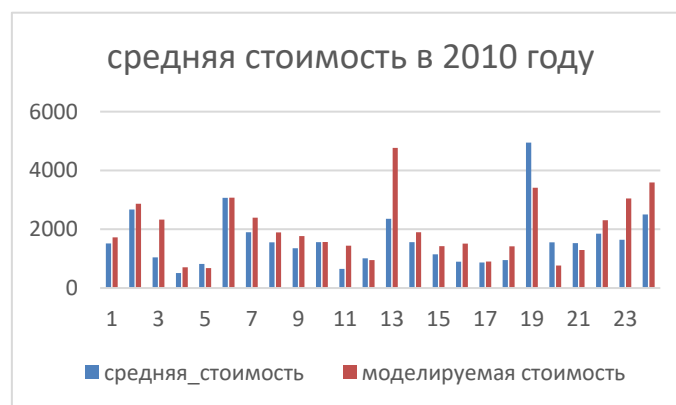


Рис. 3. Средняя стоимость

За исключением редких выбросов модель довольно точно повторяет значение цен. Для проверки проведем однофакторный дисперсионный анализ.

Таблица 6. Результаты дисперсионного анализа

Источник вариации	F	P-значение	F критическое
Между группами	1,42	0,11	4,05

Исходя из того, что F меньше F критического, а p-значение больше заданного уровня значимости ($\alpha=0.05$), делаем вывод, что средние в группах одинаковые, а значит моделируемые значения верны.

ВЫВОДЫ

Таким образом, с помощью дисперсионного и регрессионного анализов доказана связь между стоимостью жилья в Европе с годом и факторами: полученная регрессионная модель показывает, как стоимость жилья может говорить об определенных факторах в стране и наоборот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник / В.А. Колемаев, В.Н. Калинина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : КНОРУС, 2009 189-191
2. Юденков В.А. Дисперсионный анализ, 2013 10-13
3. Официальный сайт европейской статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
4. Максимова Т.Г., Попова И.Н. Эконометрика, 2018 7-9
5. О.В. Любимцев, О.Л. Любимцева Линейные регрессионные модели в эконометрике, ННГАСУ, 2016 17-18

АНАЛИЗ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РАЗБИВКЕ ПО МЕСТУ СТРОИТЕЛЬСТВА В ВЕНГРИИ МЕТОДАМИ СТАТИСТИКИ

Н. Ф. Сулейманов¹, Л. В. Кирьянова²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ nihat.suleymanov.94@mail.ru

Аннотация

В данной работе было проведено статистическое исследование стоимости строительного производства по различной местности, без учета и с учетом инфляции, в программном комплексе Excel.

Предмет исследования: стоимость строительного производства.

Цели: выявление наличия зависимостей между стоимостью строительного производства и местностью, временем, а так же степень их зависимости при наличии.

Материалы и методы: данные обрабатывались методом дисперсионного анализа

Результаты: было статистически обосновано наличие влияния и степень влияния местности и времени строительного производства на его стоимость, с учетом инфляции и без учета инфляции. Кроме того, были получены наиболее благоприятные виды линий тренда.

Выводы: самая высокая стоимость строительного производства в столице Венгрии – Будапеште; самая низкая стоимость строительного производства в Нограде; в основном, наблюдалось увеличение стоимости строительства; линии тренда можно описать с помощью экспоненциального уравнения, коэффициенты которых зависят от местности.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство развивалось на протяжении длительного промежутка времени и играет довольно важную роль в нашей жизни. Ведь строительство не просто удовлетворяет первостепенные нужды человека, но и так же помогает в объединении людей в их экономических и социальных начинаниях. Оно охватывает очень большое поле деятельности человека, от хижин до небоскребов, от тележных путей до суперскоростных шоссе, от водопропускных труб до многопролетных многополосных эстакад, от деревенских магазинов до супермаркетов и крупных промышленных комплексов, нефтеперерабатывающих заводов и заводов по производству удобрений, от наблюдательных пунктов в высоких Гималаях до морских буровых платформ в глубоких морях[1]. Так же строительство имеет значимое влияние на экономику стран. Большинство стран выделяют около 50%-60% своего капитала на строительство, например, домов, школ, больниц, дорог, плотин, железнодорожных станций, электростанций и др.[2]. И это способствует получению доходов, появлению новых рабочих мест. Так же строительство помогает в решении экологических проблем, в улучшении транспортных систем, что является очень важным в чрезвычайных ситуациях. Таким образом, строительное производство тесно связана с большим количеством сфер, что подчеркивает ее важность. Поэтому актуальным является сделать статический анализ стоимости строительного производства в разбивке по местности строительства в Венгрии. В исследовании, при обработке данных [3] и [4], использовался дисперсионный анализ. Дисперсионный анализ используется для выявления влияния на изучаемый показатель некоторых факторов, обычно не поддающихся количественному измерению[5].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В ходе ознакомления с литературой [6-8], было проанализировано финансовое положение различных ведущих венгерских строительных компаний на период экономического кризиса, влияние численности населения и его цен на жилье в Венгрии, роль местоположения жилья в покупке жилья в Венгрии. Так же было сравнение с исследованиями в Соединённых Штатах Америки[9], в России[10-11], в Кыргызстане[12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование было проведено в программном комплексе Excel. Для выявления наличия фактора зависимости между параметрами данных, был использован встроенная функция однофакторного дисперсионного анализа в Excel. В дополнении, для выделения линейного тренда по временному промежутку, была использована встроенная функция 'curve fitting' в программном комплексе Matlab.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунке 1,2,3 изображены стоимости строительного производства в различных округах:

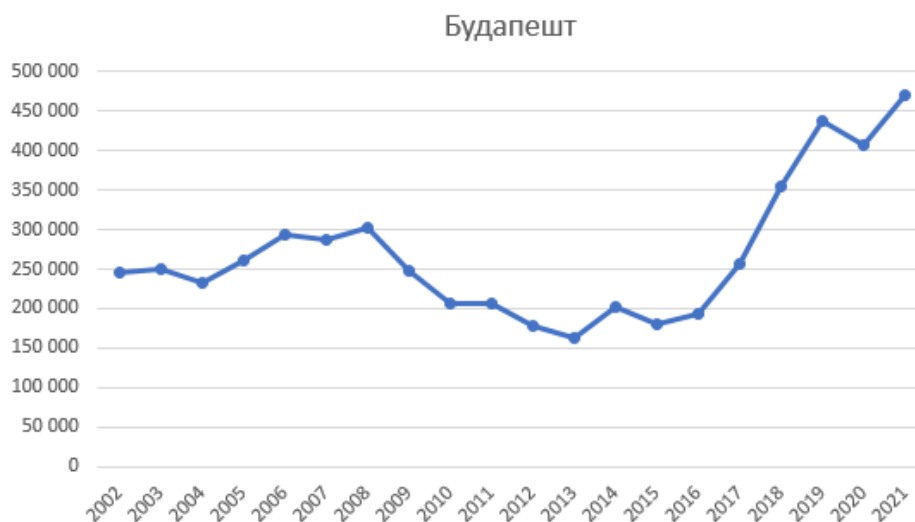


Рис. 1. Стоимость строительного производства в Будапеште



Рис. 2. Стоимость строительного производства по всей стране



Рис. 3. Стоимость строительного производства в Нограде

Результаты дисперсионного анализа представлено в таблице 1

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа

	A)	B)	C)	D)
F	3.739	38.303	2.027	69.237
Fкритическое	1.614	1.614	1.614	1.614
Коэффициент детерминации	0.1575	0.657	0.092	0.7759

А) Однофакторный дисперсионный анализ стоимости строительного производства в разбивке по округу без учета инфляции, где фактором служит время

Б) Однофакторный дисперсионный анализ стоимости строительного производства в разбивке по округу без учета инфляции, где фактором служит округ

В) Однофакторный дисперсионный анализ стоимости строительного производства в разбивке по округу с учетом инфляции, где фактором служит время

Г) Однофакторный дисперсионный анализ стоимости строительного производства в разбивке по округу с учетом инфляции, где фактором служит округ

Для линии тренда для региона “Центральная Венгрия” более благоприятным видом является экспоненциальный с коэффициентом детерминации равным 0.66, для региона “Центральная Трансданубия” - экспоненциальный с коэффициентом детерминации 0.79, для региона “Южная Трансданубия” - экспоненциальный с коэффициентом детерминации с 0.46, для региона “Северная Трансданубия” - экспоненциальный с коэффициентом детерминации с 0.7, для региона “Северная Великая равнина” - экспоненциальный с коэффициентом детерминации с 0.71, для региона “Южная Великая равнина” - экспоненциальный с коэффициентом детерминации с 0.66.

ВЫВОДЫ

Исходя из рисунков 1, 2 можно сказать, что графики имеют похожие тенденции, одной из причин этому то, что Будапешт – столица Венгрии. На рисунке 3 изображена самая маленькая стоимость строительного производства по сравнению с другими округами, и причиной этого может быть факт, что Ноград является самым маленьким по численности и по площади. Согласно таблице 1 можно сделать следующие выводы: $F > F_{\text{крит}}$, значит стоимость строительного производства в разбивке по округу без учета инфляции зависит от времени на 15.8%; $F > F_{\text{крит}}$, значит стоимость строительного производства в разбивке по округу без учета инфляции зависит от округа на 65.7%; $F > F_{\text{крит}}$, значит стоимость строительного производства в разбивке по округу с учетом инфляции зависит от времени на

9.2%; $F > F_{\text{крит}}$, значит стоимость строительного производства в разбивке по округу с учетом инфляции зависит от округа на 77.6%.

ЛИТЕРАТУРА

1. TechnoFunc – URL: <https://www.technofunc.com/index.php/domain-knowledge/engineering-construction/item/importance-of-construction-industry>. Дата обращения 18.02.2023.
2. Holloway Houston, Inc. – URL: <https://www.hhilifting.com/importance-of-construction-industry-in-the-economy-and-use-of-construction-equipments/>. Дата обращения 18.02.2023.
3. Hungarian Central Statistical Office – URL: https://www.ksh.hu/stadat_files/ara/en/ara0045.html. Дата обращения 14.02.2023.
4. Hungarian Central Statistical Office – URL: https://www.ksh.hu/stadat_files/epi/en/epi0009.html. Дата обращения 14.02.2023.
5. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / В.А. Колеаев, В.Н.Калинина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : КНОРУС, 2009, –384 с.
6. Rózsa, A. (2014). Financial position of building industry in Hajdú-Bihar County (E Hungary) in the period of 2008–2012: Regional sectoral analysis based on economic performance ratios, *International Review of Applied Sciences and Engineering IRASE*, 5(1), 67-777.
7. Czinkan, N. and Horváth, Á. (2019), "Determinants of housing prices from an urban economic point of view: evidence from Hungary", *Journal of European Real Estate Research*, Vol. 12 No. 1, pp. 2-31.
8. Kauko, Tom. (2007). An analysis of housing location attributes in the inner city of Budapest, Hungary, using expert judgements. *International Journal of Strategic Property Management*. 11. 209-225. 10.1080/1648715X.2007.9637570.
9. Andrew Whitmore, A statistical analysis of the construction of the United Nations E-Government Development Index, *Government Information Quarterly*, Volume 29, Issue 1, 2012, Pages 68-75/
10. Васильева И.С. Анализ первичного рынка жилой недвижимости по показателям, характеризующим функционирование строительного комплекса региона на примере города Красноярска // МНИЖ. 2016. №5-1 (47).
11. Варфоломеев Юрий Александрович, Арбузов Юрий Александрович Анализ практического опыта ценообразования и сметного нормирования в строительстве на территории Арктической зоны России // АиС. 2016. №22.
12. Кожобаева С.Т. Анализ статистических данных строительства многоэтажных жилых зданий в Кыргызстане // МНИЖ. 2018. №12-2 (78).