Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024

Construction and development: life cycle – 2024

CDLC-2024

Том 1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЗАСТРОЙКА: ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ – 2024

Материалы VII Международной
(XIII Всероссийской) конференции
(Чебоксары, 20–21 ноября 2024 г.)

CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT: LIFE CYCLE – 2024 (CDLC – 2024)

Materials of the VII International
(XIII All-Russian) Conference
(Cheboksary, November 20–21, 2024)

В двух томах
Том 1

Чебоксары
Издательский дом «Среда»
2024

УДК 69.0(082)
ББК 38я43
С86

Печатается по решению Ученого совета строительного факультета (протокол от 12.11.2024 №9)

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент кафедры «Металлических и деревянных конструкций» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
Т. Г. Рытова;
канд. физ.-мат. наук, заведующий кафедрой МФИТ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»
А. Н. Максимов

Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024:
С86 материалы VII Междунар. (XIII Всерос.) конф. (Чебоксары, 20–21 ноября 2024 г.) (Construction and development: life cycle – 2024 Materials of the VII International (XIII All-Russian) Conference (Cheboksary, November 20–21, 2024)). – В 2 т. – Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова. – Чебоксары: Среда, 2024. – 356 с.

ISBN 978-5-907965-18-8.
Том 1. – 2024. –356 с.: илл.
ISBN 978-5-907965-03-4.

Рассмотрены вопросы застройки городов, создания новых конструкций и материалов, совершенствования методов расчета несущих конструкций и их усиления, мониторинга зданий, внедрения новых строительных технологий и экономической оценки строительства.

Для научных работников, строителей, аспирантов, магистрантов и студентов.

Материалы конференции воспроизведены с авторских оригиналов рукописей, представленных в оргкомитет.

УДК 69.0(082)
ББК 38я43

ISBN 978-5-907965-03-4 (Т. 1)
ISBN 978-5-907965-18-8
DOI 10.31483/a-10692

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 6

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Андреева О.П., Михайлова Э.В., Ахметова С.П., Григорьева Т.А. Советская архитектура 1940–1960 годов в городе Чебоксары 7

Ахметова С.П., Михайлова Э.В., Андреева, Григорьева Т.А. Водные объекты и их роль в организации общественных пространств городов 14

Григорьева Т.А., Андреева О.П., Ахметова С.П., Михайлова Э.В. Лепной декор в архитектуре 1930–1960 годов города Чебоксары.....25

Николаева А.Г., Каримкина А.Э. Энергоэффективные фасады зданий 35

Панкратов И.С., Бородов В.Е. Фиджитал-центры как спортивные сооружения в архитектуре и градостроительстве 45

Сакмарова Л.А., Гайнуллина Д.Л. Исторический анализ развития приютов для животных 50

Сакмарова Л.А., Бахмисова М.А., Данилова Д.Д. Типологический анализ развития зданий общеобразовательных организаций 61

Сакмарова Л.А., Исаева А.М. Типологический анализ многофункциональных общественных пространств 71

Сакмарова Л.А., Лентрова К.Р. История развития образовательных организаций дополнительного образования детей.....80

Сакмарова Л.А., Михайлова К.С. Типологический анализ фасадов промышленных зданий 90

Сакмарова Л.А., Бахмисова М.А., Петрова В.В. Анализ общественных образовательных центров с проживанием.....98

Сакмарова Л.А., Смирнова П.А. Современные тенденции развития санаторно-курортных комплексов..... 109

Сакмарова Л.А., Степанов К.А. Исторический анализ реновации в строительстве..... 118

Сакмарова Л.А., Бахмисова М.А., Токмакова О.В. История строительства зданий дошкольных образовательных организаций на примере Чувашской Республики 127

Сакмарова Л.А., Федотова Д.Н. Строительство двух одноэтажных зданий речного вокзала на территории пассажирской причальной стенки г. Чебоксары..... 137

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Белова Е.А., Николаева А.Г., Степанова Е.Е., Сакмарова Л.А. Конструктивные решения оболочечных конструкций.....148

Васильева В.В., Волков С.А., Гоник Е.Г. Современные конструктивные системы многоэтажных деревянных зданий.....157

Гайджуров П.П., Исхакова Э.Р., Савельева Н.А., Зу Би Ти Брис Робин Примеры конечно-элементного моделировния железобетонных конструкций с учетом эффекта быстро нарастающей ползучести бетона 164

Максимова Л.А. Прямые и обратные задачи в механике деформируемого твердого тела 181

Мирсаяпов Ил.Т., Павлов М.Н., Мирсаяпов А.И. Численное исследование работы железобетонной полушпалы.....187

Петров М.В., Алексеева О.А., Михайлов Б.В., Гоник Е.Г., Иванов В.А. Экспериментальное определение модуля сдвига алюминиевого сплава 3004 в состоянии Н19 196

Плотников А.Н., Аринина Н.Н., Михайлов Б.В. Моделирование методом конечных элементов пересекающихся балок с разным процентом армирования 203

Плотников А.Н., Бурцев В.А., Михайлов Б.В. Деформациии и усилия многопролетной железобетонной балки, определяемые исходя из изменяющейся жесткости сечений.....211

Плотников А.Н., Иванова Н.В. К вопросу моделирования методом конечных элементов статически неопределимых железобетонных конструкций 220

Плотников А.Н., Рахмонзода А.Дж. Прочностные возможности композитной арматуры в несущих конструкциях.....233

Сакмарова Л.А., Гоник Е.Г., Бахмисова М.А., Степанова Е.Е., Белова Е.А. Влияние температурных колебаний на деформацию и прочность конструкций многоэтажных зданий 244

Сакмарова Л.А., Гоник Е.Г., Николаева А.Г., Бахмисова М.А. Оптимизация расчетов деформаций многоэтажных зданий с использованием программных комплексов 254

Трещев А.А. О пластической дилатации оболочек из композитных материалов.....262

Фабричная К.А., Рахимов Э.Р. Исследование усиления каменной кладки методом прикладки с использованием базальтовой арматуры.....275

Фабричная К.А., Юнусов Р.И. Разработка конструктивных решений перемычек из керамзитобетона..... 286

Филатов В.Б., Артемьев М.М. Сравнительный анализ нормативных методик расчета прочности железобетонных плит при внецентренном продавливании..... 297

Чигинская И.А., Теличко В.Г. Развитие информационно-справочной системы симуляционной технологии обучения деятельности прогнозного моделирования поведения несущих конструкций в строительстве..... 303

НАДЕЖНОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, МОНИТОРИНГ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Иванов С.И. Ремонт штепсельных стыков колонн каркасного здания..... 314

Куклин В.А., Поздеев В.М., Трошков Е.О. Расчетные модели монолитного железобетонного кессонного перекрытия общественного здания..... 322

Плотников А.Н., Михайлов Б.В., Алексеева О.А., Иванов В.А., Михайлов С.Б. Исследование причин ускоренного износа стальных труб подземной части тепловых сетей..... 328

Плотников А.Н., Николаева А.Г., Иванова Н.В. Реализация автоматического мониторинга павильона «Атом» ВДНХ..... 336

Фабричная К.А., Давыдова А.Ю. Опыт модернизации и приспособления зданий тепловых пунктов под общественную функцию..... 347

Предисловие

Сборник статей составлен по материалам VII Международной (XIII Всероссийской) научной конференции «Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024».

С года первой конференции, названной в 1997 г. «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции», прошло 27 лет. За это время с докладами по актуальным темам выступили десятки ученых России и зарубежных стран, еще больше опубликовали свои труды. Этот опыт способствовал коллективу строительного факультета Чувашского госуниверситета расширить круг интересов, затронуть вопросы не только градостроительные, объемно-планировочные, расчета несущих конструкций, обследования зданий, но и энергоэффективности, геотехники, организации строительства, строительного образования и другие. Теперь название конференции звучит как «Строительство и застройка: жизненный цикл» (с 2020 г.), что охватывает все аспекты, связанные с градостроительной деятельностью.

Конференция 2024 г. подтвердила названную тенденцию. В сборнике статей этого года можно найти интересную информация, аналитику, предложения практически по всем темам, касающимся строительства. Объем книги получился весьма значительным, около 800 страниц. Всем четырем кафедрам строительного факультета есть что сказать. Интересно и межкафедральное сотрудничество. В сборнике нашли отражение вопросы по внедрению в учебный процесс технологии информационного моделирования, поиску ответа в истории на современные запросы архитектурного проектирования, компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций, применения композитной арматуры, мониторинга зданий, геотехники, актуальных вопросов обучения специальным дисциплинам и многие другие.

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 72.03

СОВЕТСКАЯ АРХИТЕКТУРА 1940–1960 ГОДОВ В ГОРОДЕ ЧЕБОКСАРЫ

О.П. Андреева,
Э.В. Михайлова,
С.П. Ахметова,
Т.А. Григорьева
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в рамках данной статьи советская архитектура 1940–1960 годов, рассматривается как значимая часть городского пространства города Чебоксары. Авторами анализируется сталинский ампир, одно из лидирующих направлений в архитектуре данного периода. Авторы акцентируют внимание на необходимости изучения и сохранения архитектурного наследия.*

Ключевые слова: *советская архитектура, сталинский ампир, сталинская архитектура, эклектика, классицизм, застройка, архитектурное наследие.*

SOVIET ARCHITECTURE 1940–1960 IN THE CITY OF CHEBOKSARY

Abstract: *within the framework of this article, Soviet architecture of 1940–1960 is considered as a significant part of the urban space of the city of Cheboksary. The authors analyze the Stalinist Empire style, one of the leading trends in architecture of this period. The authors focus on the need to study and preserve the architectural heritage.*

Keywords: *soviet architecture, stalinist empire style, stalinist architecture, eclecticism, classicism, buildings, architectural heritage.*

Введение

Советская архитектура охватывает период 1917–1991 годов. За это время в ней отразился ряд мировых архитектурных стилей – конструктивизм, рационализм, ар-деко. Некоторые отдельные стили являются смесью ар-деко, ампира, эклектики и оригинальных архитектурных направлений, вроде сталинской архитектуры и конструктивизма [5; 10–13].

Одним из лидирующих направлений в архитектуре с середины 1940-х до середины 1950-х годов стал Сталинский ампир, или «Сталинская архи-

тектура», несмотря на постановление «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» [7] вплоть до первой половины 1960-х продолжалось строительство зданий с элементами ампира, но уже в упрощенном виде. Так называемая сталинская эклектика обрела элементы Возрождения, классицизма, американского ар-деко. Он представлял собой синтез классических мотивов, советской идеологии и монументальности. Во многих городах Советского Союза стала появляться новая архитектура.

Город Чебоксары, административный центр Чувашской республики, также не остался в стороне от влияния этой архитектурной тенденции. В 1940–1960-е годы город пережил значительные изменения своего облика в рамках индустриализации и развития городов. В наружном декоре зданий всё чаще стали применять барельефы и горельефы, дентикулы и карнизы, а также облицовку натуральным камнем. Изменялась и трактовка интерьеров: вновь стали появляться торжественные залы с кессонированными потолками, широкие вестибюли с рядами колонн и огромные мраморные лестницы. Архитектура становилась всё более масштабной [3].

Материалы и методы исследования

Архитектуру современного города определяют здания и сооружения, характеризующиеся большим разнообразием стилей. Технические преобразования и исторические изменения вносят свой вклад в развитие архитектуры. Исторические эпохи, оказывают огромное влияние на внешний вид современных городов. Памятники истории, сохранившиеся до нашего времени, являясь частью современного города, несут в себе культурный пласт эпохи. Изучение построек, возникших в разные временные периоды, позволяет прикоснуться к архитектуре того времени, сохранить историческую связь разных культур, сформировать правильное понимание исторических стилей и направлений [2].

Изучение архитектуры, охватывающей период, 1940–1960-х годов, в частности сталинской архитектуры в Чебоксарах важно по ряду причин. Во-первых, этот стиль в архитектуре отражает политическую и социальную обстановку того времени, демонстрируя, как идеология государства проецировалась на городскую среду. Во-вторых, постройки этого периода представляют собой значимые архитектурные памятники и объекты культурного наследия, нуждающиеся в изучении и сохранении. Кроме того, исследование особенностей сталинской архитектуры Чебоксар может пролить свет на региональные аспекты развития советской архитектуры и их взаимодействие с общегосударственными трендами.

Результаты и проблематика

Основная проблема исследования заключается в выявлении уникальных особенностей применения Сталинской архитектуры в городе Чебоксары и влияния политических и социальных факторов на городскую за-

стройку. Необходимо также определить, в какой степени архитектура города соответствовала общесоюзным канонам и как адаптировалась к местным условиям.

Цель данной научно-исследовательской статьи заключается в систематическом анализе архитектуры в городе Чебоксары с середины 1940-х до середины 1960-х годов, выявлении ее ключевых особенностей и понимании, каким образом этот архитектурный стиль способствовал формированию городского облика.

Советское архитектурное наследие с 1940-х до первой половины 1960-х годов в Чебоксарах недостаточно изучено, хотя интерес к нему в последние годы заметно растет, как среди местных исследователей, так и на общенациональном уровне. Академик архитектуры С.О. Хан-Магомедов отмечал, что этот период является одним из наиболее значительных в формообразовании советской архитектуры XX века [9]. Чебоксары сохранили ряд уникальных объектов с элементами Сталинской архитектуры, свидетельствующих о важности города как регионального центра. Архитектурное наследие города включает в себя элементы Сталинской архитектуры, которые в этот период формировали облик центральных городских площадей, административных зданий и жилых кварталов.

Здание Министерства внутренних дел по Чувашской Республике на улице Карла Маркса является одной из самых заметных архитектурных достопримечательностей Чебоксар, воплощающей принципы и стилистические особенности сталинского ампира [6]. Оно было построено по проекту архитектор Феофана Сергеева в послевоенный период, в 1950 году, когда город активно восстанавливался и развивался [8]. Будучи административным зданием, объект служил не только функциональным центром для исполнения служебных обязанностей, но и символизировал силу государственной власти (рис. 1).

Рис. 1. Здание МВД и КГБ 1952 г.

Фасад здания отражает монументальность, характерную для сталинской архитектуры. Симметричность центральной части подчеркивает вертикальная ось, которая создается массивными колоннами и пилястрами, придающими фасаду значительность. Главный вход обрамлен колоннадой и декоративными элементами в виде резных орнаментов и лепных карнизов. Использование этих классических архитектурных мотивов в сочетании с внушительными масштабами делает здание узнаваемым примером сталинского ампира. Боковые крылья здания расширяют пространство, образуя четко определенную композицию, где каждый элемент находится на своем месте. Архитектор применил традиционные методы, чтобы создать облик, отражающий торжественность и силу государственной структуры, которая должна была служить примером и оказывать влияние на общественное сознание.

Интерьер здания также продуман и выполнен в духе сталинской архитектуры. Внутренние помещения организованы с учетом функциональности и строгого распределения пространств. При этом сохранились характерные элементы декора, такие как лепнина, на потолках, мраморные лестницы и колонны, призванные усилить ощущение величия и серьезности учреждения. Коридоры и кабинеты имеют высокие потолки, что добавляет объема и придает пространству больше света.

Расположение здания на улице Карла Маркса, одной из главных городских магистралей, было также выбрано неслучайно. Оно служит важным ориентиром в городской среде и визуально доминирует над соседними постройками, создавая образ сильного и надежного административного центра. Строгие формы здания гармонично сочетаются с окружающей застройкой, формируя единый архитектурный ансамбль, который до сих пор остается центральным элементом городской инфраструктуры.

В 1955 году на Советской площади города Чебоксары, началось строительство нового здания сельхозинститута [4]. Над проектом работали Елена Калашникова и Николай Оболенский.

Рис. 2. Проект Чувашского сельхозинститута

Главный вход здания представляет собой двухэтажный дорический портик. Четыре колонны с желобками первого этажа связаны декорированным лепниной архитравом, поддерживают аркатуру второго. Фасад здания украшают цветочные гирлянды по фасаду [8]. Главной доминантой этого здания, так и всей площади должна была стать 50 – метровая башня со шпилем (рис. 2). Однако борьба с украшательством и устранением излишеств, уничтожили эту часть проекта. У здания есть второй, богато украшенный портик коринфского ордера с треугольным фронтоном, который выходит на улицу Ярославского. Внутреннее убранство здания соответствует внешнему облику: широкая парадная лестница, колонны с капителями на первом и втором этажах, высокие потолки, много лепнины – это сталинский ампир во всем своем великолепии.

Таким образом, все перечисленные здания являются неотъемлемой частью архитектурного наследия сталинского периода, воплощающим идеалы того времени и отражающим его исторические и идеологические ценности. Оно продолжает оказывать влияние на культурную атмосферу города и сохраняет свою актуальность как символ государственной власти и архитектурного наследия Чебоксар.

Заключение

В ходе исследования были выявлено, что архитектура зданий 1940–1960-х годов в городе Чебоксары соответствует периоду сталинской архитектуры. Все здания имеют основные черты, присущие сталинскому ампиру: здания характеризуются большими размерами, массивными колоннами, широкими лестницами и пышным декором; фасады строятся по строгим симметричным принципам с использованием пилястр, карнизов, балюстрад; здания богато декорированы скульптурами, барельефами, мозаиками, лепниной; в строительстве использовались гранит, мрамор, деревья ценных пород; в декоре использовались советские символы, герои пролетариата, сцены из жизни советского человека.

В настоящее время наследие архитектуры 1940–1960-х годов, как феномен XX века привлекает внимание. Российские исследователи акцентируют внимание на актуализацию и сохранение наследия сталинского ампира в малых городах, проводятся отдельные научные форумы, посвященные данной проблеме. В Чувашской Республике действует государственная программа «Развитие культуры и туризма 2019–2035», одной из целей которой является сохранение культурного наследия и создание условий для развития культуры [1].

Сталинская архитектура в Чебоксарах – это яркая и впечатляющая часть городского пейзажа. Она отражает характер эпохи, когда строительство было призвано подчеркнуть мощь и величие Советского Союза. Элементы сталинского ампира представляют собой ценное архитектурное

наследие города. Они отражают атмосферу своей эпохи и свидетельствуют о том, как Чебоксары развивались в послевоенные годы. Советская архитектура 1940–1960 годов привлекает внимание туристов и является важной частью туристского образа Чебоксар.

Список литературы

1. Андреева, О. П. Архитектура модерна в современном облике городов Чувашии / О. П. Андреева, Э. В. Михайлова, С. П. Ахметова // Художественное образование и наука. – 2023. – №2 (35). – С. 128–135. https://doi.org/10.36871/ hon.202302128

2. Акимов, С. С. К стилистическому определению советской архитектуры послевоенного десятилетия / С. С. Акимов, Н. Д. Светлаков // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2013. – №16. – С. 100–105.

3. Архитектура сталинской эпохи. Опыт исторического осмысления. – Ком Книга, 2010. – 496 с. – ISBN 978-5-484-01138-4.

4. Архив культурного наследия // Nasledie-archive. – URL: http://nasledie-archive.ru/objs/2100287000.html (дата обращения: 24.10.2024).

5. История русского и советского искусства / ред. Д. В. Сарабьянова. – Москва : Высшая школа, 1989. – 383 с. – С. 373–377. – ISBN 5-06-001441-X.

6. Достопримечательности и объекты культурного наследия Чувашской Республики – Чувашии – Чебоксары. – URL: https://culture.cap.ru/action/activity/kuljturnoe-nasledie/objekti-kuljturnogo-naslediya/spisok/regionaljnogo-znacheniya/gorod-cheboksari (дата обращения: 24.10.2024).

7. Коммунистическая партия Советского Союза в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК (1898–1986). – Т. 8. 1946–1955. – 9-е изд., доп. и испр. – Москва : Политиздат, 1985. – 542 с. С. 532–536.

8. Муратов, Н. И. Объекты культурного наследия Чувашской Республики. Книга 1 / Н.И. Муратов. – Чебоксары : Чувашское книжное издательство, 2011. – С. 72–73, 96–97.

9. Хан-Магомедов, С. О. Архитектура советского авангарда. Книга 1. Проблемы формообразования. Мастера и течения / С. О. Хан-Магомедов //Стройиздат. – Москва, 1996. – 710 с.

10. Андреева, О. П., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А., Михайлова, Э. В. Модерн в архитектуре городов Чувашии // Строительство и застройка: жизненный цикл–2020 : Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары : Среда, 2020. – С. 14–21. – EDN RDGBRW.

11. Андреева, О. П., Михайлова, Э. В., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А. Памятники архитектуры в современном облике города Чебоксары // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022 : Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2022 г.). – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 9–17. – EDN WURHPE.

12. Ахметова, С. П. Дизайн городской среды. Синтез исторической и современной архитектуры / С. П. Ахметова, О. П. Андреева, Э. В. Михайлова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции (Чебоксары, 21–22 ноября 2018 г.). – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 13–17. – EDN DEKGQJ.

13. Андреева, О. П. Архитектура модерна в современном облике городов Чувашии / О. П. Андреева, Э. В. Михайлова, С. П. Ахметова // Художественное образование и наука. – 2023. – №2 (35). – С. 128–135. – DOI 10.36871/hon.202302128. – EDN LADDOJ

Сведения об авторах:

Андреева Ольга Пименовна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: olyaokt@mail.ru

Михайлова Эвелина Валериановна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: evelki38@yandex.ru

Ахметова Светлана Петровна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: ahsvetsvet@mail.ru

Григорьева Татьяна Алексеевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E- mail: grital0904@mail.ru

Andreeva Olga Pimenovna – Associate Professor of Architecture and Environmental Design Department, Candidate of Pedagogical Science Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: olyaokt@mail.ru

Michailova Evelina Valerianovna – Associate Professor of Architecture and Environmental Design Department, Candidate of Pedagogical Science Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: evelki38@yandex.ru

Akhmetova Svetlana Petrovna – Associate Professor of Architecture and Environmental Design Department, Candidate of Pedagogical Science Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: ahsvetsvet@mail.ru

Grigoreva Tatiana Alekseevna – senior teacher of Architecture and Environmental Design Department, Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E- mail: grital0904@mail.ru

Для цитирования:

Андреева, О. П., Михайлова, Э. В., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А. Советская архитектура 1940–1960 годов в городе Чебоксары // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 7–13.

Citation:

Andreeva O. P. Soviet architecture of the 1940s and 1960s in Cheboksary / O. P. Andreeva, E. V. Michailova, S. P Akhmetova. T. A. Grigoreva // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 7–13.

УДК 71

ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ИХ РОЛЬ В ОРГАНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ГОРОДОВ

С.П. Ахметова,
Э.В. Михайлова,
О.П. Андреева,
Т.А. Григорьева
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *статья анализирует роль водных объектов в формировании общественных пространств современных городов с акцентом на архитектурные, культурные и климатические аспекты. Обсуждаются примеры реализации водных пространств в городах Копенгаген, Сингапур, Нью-Йорк, Амстердам, Ванкувер, Сеул и Чебоксары. На основе анализа сформулированы архитектурные принципы и рекомендации, способствующие созданию многофункциональных, экологически устойчивых и эстетически привлекательных общественных пространств.*

Ключевые слова: *водные объекты, архитектура, ландшафт, общественные пространства, город, образ, интеграция.*

WATER BODIES AND THEIR ROLE IN THE ORGANIZATION OF PUBLIC SPACES IN CITIES

Abstract: *the article analyzes the role of water bodies in the formation of public spaces in modern cities with an emphasis on architectural, cultural and climatic aspects. Examples of the implementation of water spaces in the cities of Copenhagen, Singapore, New York, Amsterdam, Vancouver, Seoul and Cheboksary are discussed. Based on the analysis, architectural principles and recommendations are formulated that contribute to the creation of multifunctional, environmentally sustainable and aesthetically attractive public spaces.*

Keywords: *water bodies, architecture, landscape, public spaces, city, image, integration.*

Введение

Современный ландшафтный дизайн уже невозможно представить без использования водной глади или водных устройств в качестве одного из наиболее ярких, отличающихся разнообразием выразительных проявлений, компонентов городских общественных пространств. Вместе с тем, речь идет не о повторении форм традиционных уличных фонтанов или стандартных бассейнов на площадях, а о запоминающейся эстетической

трактовке водных устройств с учетом динамики модных градостроительных тенденций, обновления художественных идеалов и радикального преобразования возможностей современных технологий [5–11].

Материалы и методы исследования

Для анализа роли водных объектов в формировании общественных пространств были изучены примеры городов, где наиболее успешно интегрированы водные участки. Методы исследования включали:

- Анализ архитектурных и ландшафтных решений на основе литературных источников и проектной документации.
- Сравнительный анализ влияния водных объектов на экологические, культурные и социальные аспекты городской среды.
- Выявление общих архитектурных принципов и рекомендаций на основе успешных примеров.

Примеры городов, реализующих успешные проекты водных пространств

Копенгаген известен своими каналами и проектами благоустройства водных объектов. Остров Папирен – пример преобразования промышленной территории в общественное пространство, включающее плавучие платформы и зоны для отдыха.

Рис. 1. Копенгаген: Остров Папирен и каналы

Копенгаген также активно использует каналы для спортивных мероприятий, таких как каякинг и плавание, и для сезонных культурных событий, привлекающих жителей и туристов.

Рис. 2. Сингапур: Водохранилище Марина-Бэй и река Каланг

Сингапурская концепция «Город в саду» предполагает интеграцию водоемов в общественные зоны, как это реализовано вокруг водохранилища Марина-Бэй. Вдоль реки Каланг обустроены зоны для прогулок и пикников, что способствует развитию активного отдыха. Эти водные пространства играют важную роль в обеспечении водоснабжения и служат зонами отдыха.

Рис. 3. Нью-Йорк: Хадсон-Ярдс и Бруклинский мостовый парк

Проекты набережных и парков Нью-Йорка отражают важность связи между водой и городской средой. Вдоль реки Гудзон обустроены парки и зоны отдыха, такие как Бруклинский мостовый парк, который предлагает открытые пространства, доступные для всех жителей, и фонтаны, повышающие качество воздуха и микроклимат в жаркие дни.

Рис. 4. Амстердам: Плавучие сады и каналы

Амстердам активно использует свои водные ресурсы для улучшения экологии и качества жизни горожан. Плавучие сады и экологические острова, установленные в каналах города, помогают поддерживать биоразнообразие и обеспечивают среду обитания для растений и животных, способствуя устойчивому развитию города. Каналы Амстердама, изначально создававшиеся для транспортных и торговых целей, сегодня являются ключевым элементом городской среды. Особое внимание уделено зелёным открытым территориям и садам на крышах, чтобы способствовать сохранению биоразнообразия в городе и благополучию жителей. Плавучие конструкции служат не только эстетическим элементом, но и решают проблемы наводнений и помогают регулировать температуру воздуха в жаркие дни. Примером является плавающий парк De Ceuvel, где применены инновационные методы очистки воды и почвы, что делает этот объект примером экологической устойчивости.

Рис. 5. Ванкувер: Парк False Creek и набережная Станли-парка

В Ванкувере водные пространства также играют важную роль в общественной жизни. Парк False Creek соединяет береговую линию с городскими парками, создавая пространство для прогулок и спортивных занятий.

Плавучие платформы и доступные для общественности причалы стали центром притяжения для жителей города и туристов. Набережная Станлипарка предлагает многофункциональные зоны, включающие как активные, так и спокойные виды отдыха, такие как прогулки и созерцание воды. Эти пространства подчеркивают важность связи воды и городской экологии.

Рис. 6. Ручей Чхонгечхон, Сеул

Сеул является примером успешного восстановления природных водных объектов в урбанизированной среде.

В середине прошлого столетия, для того чтобы решить экологическую проблему, власти Сеула принимают решение о сносе ветхих зданий, расположенных вдоль ручья и переселении граждан. Ручей было решено спрятать в бетонную трубу и построить над ним надземную скоростную двухъярусную автомагистраль. К 2000-м годам стал очевиден экологический урон, наносимый центру города магистралью. Мэр Ли Мен Бак принял решение возвратить ручью Чхонгечхон исторический облик. Магистраль снесли, а вокруг ручья был создан ландшафтный парк с фонтанами, зонами отдыха и многочисленными мостами. Река Чхонгечхон, скрытая под автодорогой на протяжении десятилетий, была восстановлена и превратилась в популярное общественное пространство. Этот проект позволил вернуть воду в центр города, улучшив микроклимат и повысив биоразнообразие. Пешеходные маршруты вдоль реки привлекают тысячи людей каждый день, создавая зону отдыха и способствуя социальной активности. Чхонгечхон стал символом экологического восстановления и инновационного подхода к использованию водных объектов в урбанистике.

В процессе анализа проектирования водных общественных пространств выявлены следующие архитектурные принципы:

Функциональная гибкость. Проектирование водных объектов требует учета разнообразных потребностей и интересов горожан. Пространства вокруг водоемов могут быть адаптированы для проведения фестивалей,

спортивных мероприятий или просто для повседневного отдыха. Примером является гибкость использования парка False Creek в Ванкувере, который предлагает как активные зоны для спорта, так и более спокойные места для отдыха.

Экологическая устойчивость. Эффективное использование водных ресурсов и обеспечение экологической устойчивости являются основными приоритетами в архитектурном проектировании. Например, в Сингапуре внедрены системы фильтрации воды и плавучие острова, улучшающие качество воды и поддерживающие экосистему. Проект De Ceuvel в Амстердаме показывает, как вода может использоваться для очистки загрязненных участков и восстановления экосистемы.

Интеграция с городской средой. Для создания единого городского ландшафта водные объекты должны быть гармонично связаны с другими элементами городской инфраструктуры. Это может включать парковые зоны, велосипедные дорожки и пешеходные маршруты. В Нью-Йорке и Копенгагене созданы набережные, которые объединяют водные объекты с жилыми и коммерческими районами, что повышает доступность и функциональность этих пространств.

Климатическая адаптация. В условиях изменения климата водные объекты становятся важными элементами адаптации городов к повышению температур и другим экстремальным погодным явлениям. Например, плавучие сады и каналы Амстердама способствуют поддержанию комфортного микроклимата и служат для управления сточными водами, предотвращая наводнения. Сингапур использует свои водные объекты для снижения жары в густонаселенных районах и создания благоприятных условий для городской жизни.

Культурные и социальные аспекты водных объектов в городской среде. Водные объекты способствуют социальному взаимодействию и укреплению культурной идентичности. Река Чхонгечхон в Сеуле стала популярным местом для проведения культурных мероприятий и фестивалей, что привлекает не только местных жителей, но и туристов. Водные пространства также часто используются для проведения традиционных мероприятий, таких как фестивали фонарей, что укрепляет культурные корни и создает уникальную атмосферу. В Сингапуре набережные и водные объекты активно задействованы для проведения культурных фестивалей и праздничных мероприятий, которые привлекают внимание к важности воды в жизни города.

Результаты и проблематика

Экологическое значение. Интеграция водных объектов в городскую среду стала важным аспектом городского планирования и дизайна, мы все чаще наблюдаем как архитекторы и урбанисты активно внедряют подоб-

ные пространства, обеспечивая доступ горожан к воде и улучшая экологическую устойчивость. Вода выполняет многофункциональную роль: от создания эстетических зон до содействия климатической адаптации и улучшения микроклимата городов.

Архитектурная интеграция: Влияя на качество общественного пространства, водные объекты приобретают архитектурную значимость. Вода используется для улучшения эстетической привлекательности и функциональности пространства. Например, открытые водоемы и набережные формируют уникальные ландшафты, которые, в свою очередь, придают городу характерный образ. Водные объекты могут быть интегрированы с парками, садами и зонами отдыха, создавая многослойные пространства для различных активностей.

Культурная ценность. Во многих культурах вода является символом жизни и обновления, поэтому включение водных объектов в общественные пространства может усиливать культурную идентичность и предоставлять возможности для проведения фестивалей и различных массовых мероприятий, связанных с водой.

Экологическая и климатическая функции в последние десятилетия приобретают всё большую актуальность. Вода способствует смягчению городской жары и улучшению качества воздуха, что становится особенно важным в условиях глобального потепления. Плавучие сады, как в Амстердаме, позволяют повысить биоразнообразие, обеспечивая среду обитания для животных и растений.

Все вышеперечисленные архитектурные принципы проектирования водных общественных пространств можно наблюдать на примере Чебоксарского залива, расположенного в центре столицы Чувашской Республики. Сохранение и расширение водных пространств на территории города – одна из форм организации открытых зеленых пространств, достижения разнообразия и привлекательности городских общественных территорий [3].

Рис. 7. Чебоксарский залив, Чебоксары

Чебоксарский залив – водно-архитектурный комплекс в черте города Чебоксары (Россия), созданный в результате затопления исторической части города в низовьях реки Чебоксарки в месте её впадения в Волгу.

До начала работ по строительству Чебоксарского залива ко второй половине 1970-х годов на его месте находилась низменная территория Старого города, примыкающая к руслам рек Чебоксарка и Кайбулка. При подготовке зоны затопления под снос попали жилые дома (г. Чебоксары, Союзная ул., 18) [1], культовые, торговые и административные здания – многие из них были редкими достопримечательностями, построенными еще до Октябрьской революции 1917 года. На парадной улице Чебоксар – улице Карла Маркса были снесены образцы сталинской архитектуры: в сентябре 1982 года перестала существовать гостиница «Волга» (сооружённая в 1932, дом № 6) [2].

К 2000 году вся акватория преобразилась: на западном склоне верхнего Залива была построена лестница, ведущая к Чувашскому театру оперы и балета, а в 2003 года был открыт Монумент Матери. Именно благодаря использованию воды как уникального пластического материала, обладающего свойством текучести, удалось создать наиболее яркое впечатление от самых значимых фрагментов города. Широкий диапазон возможностей для рассмотрения водной глади в качестве средства ландшафтного дизайна на примере Чебоксарского залива связан с различием ее зрительного и звукового восприятия в статичном или динамичном состоянии. Не менее эффектно пространство выглядит и в ночное время, когда яркая подсветка зданий и сооружений отражается в черных водах Залива, что подводит проектировщиков и урбанистов к выводу: главной задачей искусственного освещения является не только создание оптимальных условий проживания горожан, но и формирование неповторимого архитектурного образа и запоминающихся эффектов специфического градостроительного пространства [4].

Рис. 7. Вид на Чебоксарский залив ночью

Пластика и геометрия формы водного зеркала, равносильно как многообразие тем каскадов или пластического рисунка фонтанов, осмысленные с позиций современного дизайна, открывают возможности создавать разноплановую многоуровневую композицию ландшафта, либо внести динамичный эффект в городское открытое общественное пространство.

Заключение

Водные объекты играют ключевую роль в создании привлекательных и функциональных общественных пространств, улучшая качество жизни и способствуя устойчивому развитию градостроительства. Опыт таких городов, как Копенгаген, Сингапур, Нью-Йорк, Амстердам, Ванкувер, Сеул и Чебоксары, демонстрирует разнообразие подходов к интеграции воды в городскую среду. Важно учитывать климатические, экологические и культурные аспекты при проектировании водных пространств, создавая гармоничные и доступные зоны отдыха и социальной активности, а это позволит развивать речные и прибрежные территории таким образом, чтобы вернуть городам водные виды спорта, которые выполняют сразу три функции: образовательную, спортивную и рекреационную. Развитие водных видов спорта позволит удовлетворить запрос на разнообразный отдых. Перспективы развития водных объектов в городах остаются многообещающими, а архитекторы и урбанисты продолжают искать новые пути для эффективной интеграции водных пространств в условиях растущих вызовов урбанизации и изменения климата.

Учитывая всё вышесказанное, можно сформулировать определенные рекомендации по решению проблемы:

– экологическая устойчивость: применение технологий очистки воды (например, инновации в проекте De Ceuvel) и внедрение плавучих конструкций для предотвращения наводнений;

– интеграция с городской средой: создание многофункциональных пространств, объединяющих воду с зонами отдыха, транспортом и зелёными насаждениями;

– климатическая адаптация: использование плавучих парков и каналов для управления температурой и защиты от наводнений;

– культурное вовлечение: проведение фестивалей, выставок и других мероприятий, чтобы усилить роль водных объектов как культурных центров;

– поддержка биоразнообразия: установка плавучих садов и экологических островов.

Список литературы

1. Достопримечательности и объекты культурного наследия Чувашской Республики – Чувашии – Чебоксары. – URL: https://culture.cap.ru/action/activity/kuljturnoe-nasledie/objekti-kuljturnogo-naslediya/spisok/regionaljnogo-znacheniya/gorod-cheboksari (дата обращения: 17.10.2024).

2. Рахимов, Р. К. Чебоксарский залив / Р. К. Рахимов // Чувашская энциклопедия. Т. 4: Си-Я. – Чебоксары : Чувашское книжное издательство, 2011.

3. Берникова, Т.А. Роль водных объектов в обеспечении устойчивого развития городской среды (на примере бассейна пруда верхнего в г. Калининграде) / Т. А. Берникова, Н. А. Цупикова, Н. Н. Нагорнова. – URL: https://cyberleninka.ru

4. Ахметова, С. П. Историко-культурный аспект искусственного освещения городов / С. П. Ахметова, Э. В. Михайлова, О. П. Андреева // Bulletin of the international centre of art and education. – 2021. – №2. – С. 91–102. eISSN: 2618-6942

5. Терехова, О. П. Экологические проблемы водопользования / О. П. Терехова, Т. В. Щенникова // Инновационные технологии в системах водоснабжения и водоотведения : сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 24–25 октября 2019 г.) / ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет И.Н. Ульянова». – Чебоксары : Среда, 2019. – С. 121–127. – EDN GRHPZE.

6. Русинова, Н. Г. Становление и развитие Чебоксарской ГЭС: к историографии вопроса / Н. Г. Русинова // Исторический поиск. – 2020. – Т. 1. №3. – С. 75–80. – DOI 10.47026/2712-9454-2020-1-3-75-80. – EDN CQMVGZ.

7. Андреева, О. П., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А., Михайлова, Э. В. Модерн в архитектуре городов Чувашии // Строительство и застройка: жизненный цикл–2020 : Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 14–21. – EDN RDGBRW.

8. Андреева, О. П., Михайлова, Э. В., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А. Памятники архитектуры в современном облике города Чебоксары // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022 : Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2022 г.). – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 9–17. – EDN WURHPE.

9. Ахметова, С. П. Дизайн городской среды. Синтез исторической и современной архитектуры / С. П. Ахметова, О. П. Андреева, Э. В. Михайлова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции (Чебоксары, 21–22 ноября 2018 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 13–17. – EDN DEKGQJ.

10. Андреева, О. П. Архитектура модерна в современном облике городов Чувашии / О. П. Андреева, Э. В. Михайлова, С. П. Ахметова // Художественное образование и наука. – 2023. – №2 (35). – С. 128–135. – DOI 10.36871/hon.202302128. – EDN LADDOJ.

11. Русинова, Н. Г. К вопросу проектирования и строительства Чебоксарской ГЭС (1968–1974 гг.) / Н. Г. Русинова, В. В. Магуськин // Междисциплинарный потенциал устной истории и новые пути развития исторического знания : Материалы Международной научной конференции (Чебоксары, 23–24 апреля 2021 г.). – Чебоксары: Среда, 2021. – С. 55–58. – DOI 10.31483/r-98522. – EDN BGOQZN.

Сведения об авторах:

Ахметова Светлана Петровна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: ahsvetsvet@mail.ru

Григорьева Татьяна Алексеевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E- mail: grital0904@mail.ru

Андреева Ольга Пименовна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: olyaokt@mail.ru

Михайлова Эвелина Валериановна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: evelki38@yandex.ru

Akhmetova Svetlana Petrovna – Associate Professor of Architecture and Environmental Design Department, Candidate of Pedagogical Science Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: ahsvetsvet@mail.ru

Grigorieva Tatiana Alekseevna – senior teacher of Architecture and Environmental Design Department, Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E- mail: grital0904@mail.ru

Andreeva Olga Pimenovna – Associate Professor of Architecture and Environmental Design Department, Candidate of Pedagogical Science Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: olyaokt@mail.ru

Michailova Evelina Valerianovna – Associate Professor of Architecture and Environmental Design Department, Candidate of Pedagogical Science Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: evelki38@yandex.ru

Для цитирования:

Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А., Андреева, О. П., Михайлова, Э. В. Водные объекты и их роль в организации общественных пространств городов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 14–24.

Citation:

Akhmetova S. P. Water bodies and their role in the organization of public spaces of cities / S. P. Akhmetova, T. A. Grigorieva, O. P. Andreeva, E. V. Michailova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 14–24.

УДК 74.04.03

ЛЕПНОЙ ДЕКОР В АРХИТЕКТУРЕ 1930–1960 ГОДОВ ГОРОДА ЧЕБОКСАРЫ

Т.А. Григорьева,
О.П. Андреева,
С.П. Ахметова,
Э.В. Михайлова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье проводится обзорный анализ советского архитектурного наследия 1930–1960 годов города Чебоксары, в частности, исследуется система элементов лепного декора в стиле классицизма и советского ампира, примененная в оформлении фасадов зданий по улице Карла Маркса и проспекту Ленина.*

Ключевые слова: *архитектура, классицизм, ампир, сталинский ампир, лепной декор, лепнина, фасадный декор.*

STUCKING DECOR IN THE ARCHITECTURE OF 1930–1960 IN THE CITY OF CHEBOKSARY

Abstract: *the article provides a review analysis of the Soviet architectural heritage of the 1930s–1960s of the city of Cheboksary, in particular, it examines the system of elements of stucco decoration in the style of classicism and the Soviet Empire, used in the design of the facades of buildings along Karl Marx Street and Lenin Avenue.*

Keywords: *architecture, classicism, empire style, Stalinist empire style, stucco decoration, stucco molding, facade decor.*

Введение

Прогуливаясь по центру города Чебоксары, поднимаясь от Красной площади вверх по улице К. Маркса, и далее по проспекту Ленина, на протяжении 3–4 км, невольно обращаешь внимание на величественные и нарядно декорированные здания, как общественные и административные, так и жилые, построенные в 1930 – начале 1960 годов. Появляется желание исследовать историю их создания, подробнее рассмотреть детали, узнать больше об их создателях.

Советское архитектурное наследие в г. Чебоксары еще недостаточно изучено и проанализировано, хотя оно является одним из важных формообразующих этапов застройки города, средством формирования его материальной и духовной атмосферы. Возникшая в последнее время

тенденция равного внимания к историческому наследию разных эпох, ставит архитектуру середины XX века в один ряд с постройками более раннего периода.

Чебоксарская архитектура конца 1930 – начала 1960 годов развивалась в русле отечественного зодчества. Во второй половине 1930-х годов, после периода увлечения конструктивизмом, архитекторы обратились к вечным ценностям классицизма, строгого и торжественного, а в послевоенное время – к элементам более декоративноого стиля ампир, который соответствовал духу и пафосу народа, победившего в Великой Отечественной войне 1941/45 годов.

Советская архитектура обозначенного времени в г. Чебоксары представляет несомненный интерес как с точки зрения композиционного решения объемов, так и декорирования фасадов лепным декором, активно применявшимся в зодчестве того времени [1–6].

Глубокий анализ архитектуры этого периода еще предстоит сделать, а мы поставили целью сузить область исследования и сосредоточиться на обзорном анализе композиционного расположении и видах лепного декора, примененного в архитектуре зданий, построенных вдоль улицы К. Маркса, начала проспекта Ленина и их боковых ответвлений.

Материал и методы исследований

Глубокий анализ архитектуры этого периода еще предстоит сделать, а мы поставили целью сузить область исследования и сосредоточиться на обзорном анализе композиционного строя и видах лепного декора в архитектуре некоторых зданий, построенных вдоль улицы Карла Маркса, проспекта Ленина и их боковых ответвлений.

Архитектурная среда рассматриваемаых улиц эклектична. Здания, формирующие их застройку, проектировались разными авторами в течение нескольких десятилетий, поэтому не приходится говорить об их ансамблевости. Пожалуй, единственным примером ансамблевой застройки может служить площадь Республики. Если сравнивать чебоксарскую архитектуру того времени с соответствующей архитектурой больших городов, то надо отметить, что ее декоративное убранство носит более сдержанный характер, практически отсутствуют здания с чрезмерным изобилием декора.

Тем не менее, есть достаточное количество зданий, архитектура и декор которых отличаются самобытностью. Сначала попробуем выделить характерные композиционные черты и наиболее часто встречающиеся виды декора, объединяющие жилые, общественные и административные здания рассматриваемого периода в единое целое.

Здания трех-, четырех-, пятиэтажные, с арочными проходами, четырехскатной крышей, венчающими карнизами и лепниной различной сложности. Первые этажи занимают торговые помещения с

прямоугольными и арочными витринами. Небольшие балкончики и окна, часто сдвоенные, ритмично размещены вдоль фасада. Стены оштукатурены. Цоколь и углы зданий отделаны рельефной декоративной штукатуркой или рустами. Межэтажный и цокольный карнизы делят фасады на части, окрашенные в разные цвета: стены пастельные, цоколь более темный, лепнина белая (рис. 1–5).

Рис. 1. Жилой дом, ул. К. Маркса, 33

Рис. 2. Жилой дом, ул. К. Маркса, 31

Рис. 3. Жилой дом, пр.Ленина, 11

а) 

б) 

Рис. 4. Здание госбанка, К.Маркса, 25: а) фасад; б) боковой вход

Рис. 5. Здание горадминистрации, К. Маркса, 36

Популярные композиционные приемы: выступающие из основного фасада декорированные угловые фасады (рис. 4,б, 14), а также центральные или боковые части здания (ризалиты) (рис. 5, 7, 13).

В оформлении фасадов важным является композиционное выявление объемных лепных элементов, достигаемое контрастом чистого поля протяженного фасада и декоративных пятен вокруг дверей, окон или их групп, что усиливает ритмическое членение.

Рис. 6. Здание электромеханического колледжа, пр. Ленина,9

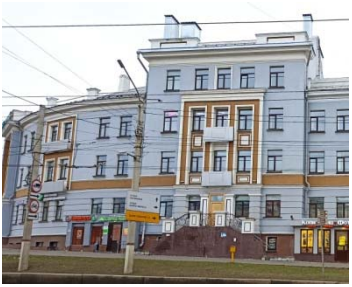


Рис. 7. Жилой дом, ул. Композиторов Воробьевых, 22

Нередки полуколонны и пилястры с капителями различных ордеров, вертикально объединяющие окна и балконы нескольких этажей (рис. 4, 5, 8, 9, 11–13).

Рис. 8. Жилой дом, ул. К. Маркса, 31

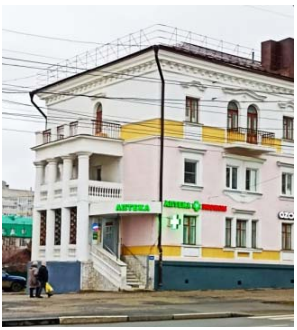


Рис. 9. Жилой дом, пр. Ленина, 5

Рис. 10. Здание строительного факультета ЧГУ им. И.Н. Ульянова, пр Ленина, 6

Фигурные аттики с декором различной сложности, возвышающиеся над венчающими карнизами, придают зданиям живописный силуэт (рис. 11–13).

Рис. 11. .Жилой дом, ул. К. Маркса, 51

Рис. 12. .Жилой дом, ул. К. Маркса, 22

Рис. 13. Жилой дом, ул. Ф.Дзержинского, 25

Декоративные наличники вокруг окон – важная часть наружного убранства зданий. Боковые тяги в виде полуколонн, пилястров, цветочных барельефов стоят на профилированных опорах с полубаллюстрадами. Окна венчают сандрики и кокошники (рис. 8, 9, 12). Балкончики, поддержанные массивными кронштейнами, имеют металлическое ограждение или баллюстраду (рис. 9, 12, 13). Двери декорированы лепными порталами (рис. 4,б; 18,б).

Сильно выступающие профили карнизов образованы архитектурными обломами и декорированы дентикулами (рис. 5; 11; 14,в). Фасады и ризалиты завершаются треугольными фронтонами, малые фронтоны располагаются над порталами дверей и окнами (рис. 3; 14,б).

Особое внимание можно уделить зданию Министерства внутренних дел Чувашской Республики (1950, арх. Ф.С. Сергеев), одного из лучших административных зданий города. Центром композиции является выделенный угловой объем с ризалитом, декорированный пилястрами с капителями трансформированного коринфского ордера. Фасады оформлены вертикальными лопатками, нишами, филенками, розетками с изображением звезды. Оконные проемы подчеркнуты профилированными полками и наличниками с замковым камнем (рис. 3; 14,б).

а) б) в)

Рис. 14. Здание Министерства внутренних дел ЧР, ул. К. Маркса. 41
а – угловой объем, б – фрагмент фасада, в – розетка в виде звезды

Рассмотрим подробнее композицию и лепнину комплекса зданий, образующих пл. Республики (бывшая пл. Ленина), возведенных в 1940/50–х годах. Охарактеризовать их можно словами «парадность и декоративность». Основной стиль оформления зданий – классицизм с включением элементов ампира.

Здание Дома правительства (бывший Дом Советов,1940 г., арх. М.М. Базилевич) строгое и выразительное. Главный вход – монументальный портик с шестью квадратными в плане колоннами, с коринфскими капителями, увенчан аттиком. Боковые объемы акцентированы ризалитами и пилястрами. Окна нижнеко этажа с замковым камнем (рис. 16).

У здания педагогического университета им. И.Я. Яковлева (1956, арх. А.М. Крылов) центром композиции является ризалит, оформленный пилястрами, аттиком, гирляндами, розетками, учебными атрибутами. Карниз с кронштейнами и валиками, аркатура окон и филенки дополняют оформление (рис. 15).

В декоре здания городской администрации (1956, К. Маркса, 36) и жилого дома №31 по ул. К. Маркса (1951), спроектированых архитектором Ф.С. Сергеевым, присутствуют все основные виды композиционного и декоративного решения фасадов. Рустованные стены первого этажа подчеркнуты пояском. Угловые части зданий вычленены в виде ризалитов, декорированных пилястрами и полуколоннами с капителями, объединяющими этажи по вертикали. Здания опоясывают внушительные декорированные карнизы, над зданием горадминистрации – с аттиком и парапетом (рис. 2, 5, 8).

Рис. 15. Здание педагогического университета им. И.Я. Яковлева, ул. К. Маркса, 38

Рис. 16. Здание Дома Советов, Площадь Республики, 1

Завершает архитектурный ансамбль площади Республики здание аграрного университета (1957, арх. Е.Е. Калашникова). Строение, сочетающее элементы стилей классицизма и ампира, изобилует различными видами декора. Центром композиции является башня, историческая часть которой увенчана широким декоративным фризом. Главный вход оформлен внушительным портиком, состоящим в нижнем

ярусе из четырех колонн с канелюрами, капителями дорического ордера. Соединяющий их архитрав богато декорирован бусами, гирляндами с лентами, медальонами. Четыре гладкие полуколонны в верхнем ярусе разделяют арочные окна, обрамленные наличниками сложной формы и полубаллюстрадой. Над антаблементом и основным карнизом находится парапет с балясинами, тянущийся по всему периметру здания. Часть окон украшена орнаментом и розетками с пятиконечной звездой (рис. 17).

Очень нарядно и сложно декорирован вход во 2 корпус. Пилястры делят фасад по вертикали, межэтажные карнизы – по горизонтали. Ризалит завершается фронтоном с прерванным карнизом, украшенным лепным декором, не встречающимся нигде более: это арка с замковым камнем и два рога изобилия по бокам от нее, опирающиеся на части карниза. Опоры наличников верхних окон украшены рельефными вазонами с цветами и колосьями, розетками Фриз над капителями полуколонн декорирован венками славы, портал входа – гирляндой, перевитой лентами (рис. 12).

а) б) в)

Рис. 17. Здание аграрного университета, К. Маркса, 29.
а) вид на башню, б) фрагмент фасада, в) главный вход

а) б) в)

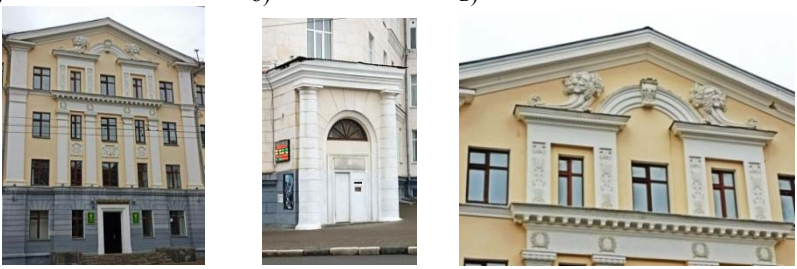


Рис. 18. Второй корпус аграрного университета, К Маркса, 29.
а) вид на вход; б) вход; в) фронтон

Уделим внимание и зданию Чувашского государственного академического драматического театра им. К.В. Иванова (1961, арх. А.П. Максимов). Строение оформлено достаточно скромно: в передней части обнесено четырнадцатью гладкими колоннами дорического ордера, боковые фасады декорированы пилястрами и рустами. Главное украшение здания – внушительный по размерам аттик над венчающим карнизом, украшенный по углам маскаронами, а впереди – горельефом с изображением фигур муз, балерины, танцующих девушек в национальном костюме (рис. 19).

а) б) в)

Рис. 19. Здание Чувашского академического драматического театра.
а) вид на главный вход; б) вид сбоку; в) фрагмент аттика, маскарон

Результаты и проблематика

В данном кратком обзоре архитектуры периода 1930–1960 годов города Чебоксары были прослежены характерные особенности ее стилистики, исследованы композиционное расположение и разнообразие элементов лепного декора некоторых значимых зданий.

Советские постройки г. Чебоксары не могут претендовать на сопоставимость с масштабом построек больших городов, но и они, демонстрируя своеобразную архитектурную эстетику, не могут остаться незамеченными. Некоторые из рассматренных нами зданий имеют статус памятников федерального и регионального значения и охраняются государством, некоторые ждут своего часа.

В связи с масштабной перестройкой в районе залива в конце XX века, город утратил многие исторические здания. Здания советского периода, построенные 80–60 лет назад, тоже успели состариться и стать историческими. Лучшие из них должны быть сохранены для потомков.

Заключение

Необходимо провести обследование зданий советского периода специалистами, прежде всего на уникальность, затем получить экспертную оценку их технического состояния, для определения необходимости реставрации, реконструкции или модернизации.

Список литературы

1. Архив культурного наследия // Nasledie-archive. – URL: http://nasledie-archive.ru/objs/2100287000.html (дата обращения: 18.10.2024).

2. Достопримечательности и объекты культурного наследия Чувашской Республики – Чувашии – Чебоксары. – URL: https://culture.cap.ru/action/activity/kuljturnoe-nasledie/objekti-kuljturnogo-naslediya/spisok/regionaljnogo-znacheniya/gorod-cheboksari (дата обращения: 17.10.2024).

3. Андреева, О. П., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А., Михайлова, Э. В. Модерн в архитектуре городов Чувашии // Строительство и застройка: жизненный цикл–2020 : Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары : Среда, 2020. – С. 14–21. – EDN RDGBRW.

4. Андреева, О. П., Михайлова, Э. В., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А. Памятники архитектуры в современном облике города Чебоксары // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022 : Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2022 г.). – Чебоксары : Среда, 2022. – С. 9–17. – EDN WURHPE.

5. Ахметова, С. П. Дизайн городской среды. Синтез исторической и современной архитектуры / С. П. Ахметова, О. П. Андреева, Э. В. Михайлова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции (Чебоксары, 21–22 ноября 2018 г.). – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 13–17. – EDN DEKGQJ.

6. Андреева, О. П. Архитектура модерна в современном облике городов Чувашии / О. П. Андреева, Э. В. Михайлова, С. П. Ахметова // Художественное образование и наука. – 2023. – №2 (35). – С. 128–135. – DOI 10.36871/hon.202302128. – EDN LADDOJ.

Сведения об авторах:

Григорьева Татьяна Алексеевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: grital0904@mail.ru

Андреева Ольга Пименовна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: olyaokt@mail.ru

Ахметова Светлана Петровна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: ahsvetsvet@mail.ru

Михайлова Эвелина Валериановна – канд. пед. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: evelki38@yandex.ru

Grigorieva Tatyana Alekseevna – Senior Lecturer at the Department of Architecture and Environmental Design, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: grital0904@mail.ru

Andreeva Olga Pimenovna – Associate Professor of the Department of Architecture and Environmental Design, Candidate of Pedagogical Sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: olyaokt@mail.ru

Akhmetova Svetlana Petrovna – Associate Professor of the Department of Architecture and Environmental Design, Candidate of Pedagogical Sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: ahsvetsvet@mail.ru

Mikhailova Evelina Valerianovna – Associate Professor of the Department of Architecture and Environmental Design, Candidate of Pedagogical Sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: evelki38@yandex.ru

Для цитирования:

Григорьева, Т. А., Андреева, О. П., Ахметова, С. П., Михайлова, Э. В. Лепной декор в архитектуре 1930–1960 годов городе Чебоксары // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 25–34.

Citation:

Grigorieva T. A. Stucco decoration in architecture of 1930–1960 in the city of Cheboksary / T. A. Grigorieva, O. P. Andreeva, S. P. Akhmetova, E. V. Mikhailova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 25–34.

УДК 69.07

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ФАСАДЫ ЗДАНИЙ

А.Г. Николаева,
А.Э. Каримкина
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *фасады зданий играют важную роль в эстетике и функциональности, а правильный выбор фасадной системы может существенно улучшить теплоизоляцию и защиту от атмосферных воздействий. При проектировании необходимо учитывать финансовые ограничения и технические требования. Выбор типа фасадной системы зависит от бюджета, характеристик здания и климатических условий. Каждая система – традиционная, штукатурная или вентилируемая – имеет свои преимущества и недостатки, влияющие на эксплуатацию и обслуживание.*

Ключевые слова: *кирпич, фасад, конструкция, материал.*

ENERGY EFFICIENT BUILDING FACADES

Abstract: *building facades play an important role in aesthetics and functionality, and the right choice of facade system can significantly improve thermal insulation and weather protection. When designing, it is necessary to take into account financial constraints and technical requirements. The choice of the type of facade system depends on the budget, building characteristics and climatic conditions. Each system – traditional, plaster or ventilated – has its own advantages and disadvantages that affect operation and maintenance.*

Keywords: *brick, facade, construction, material.*

Введение

Выбор оптимальных ограждающих конструкций фасадов – ключевой момент в проектировании зданий. Правильные материалы и технические решения влияют не только на эстетику и функциональность фасада, но и на его энергоэффективность, долговечность и устойчивость к внешним воздействиям.

Тип здания и его назначение играют важную роль при выборе материалов. Для жилых, коммерческих или офисных объектов подходят различные варианты, такие как стекло, алюминий, металл, камень или керамика, каждый из которых имеет свои преимущества. Климат региона также необходимо учитывать, так как высокие температуры, сильные ветры и влажность могут потребовать специальных решений для тепло- и звукоизоляции и защиты от осадков [5].

Архитектурный стиль и визуальная составляющая фасада должны гармонировать с общим дизайном здания [1–18]. Также важно учитывать бюджет и сроки строительства, так как некоторые решения могут быть более затратными или менее затратными.

Материалы и методы исследования

Выделим для анализа несколько видов энергоэффективных фасадов.

1. Традиционный фасад.
2. Штукатурный утепленный фасад.
3. Вентилируемый фасад.

Далее, сравнение между выбранными вариантами фасадов будем проверять по данным факторам.

1. Влияние сезонных изменений температуры наружного воздуха .
2. Коэффициенты линейного расширения материалов.
3. Влияние атмосферных осадков.
4. Устойчивость к ветровому воздействию.
5. Миграция водяного пара.
6. Подъем влаги из почвы капиллярным путем.
7. Воздействие солнечной радиации.
8. Химическое влияние агрессивных веществ.
9. Расчетный срок службы фасадной конструкции.
10. Возможность ремонта фасада дома.
11. Наличие запасных фасадных элементов для ремонта повреждённых частей.

Представляем более подробное описание различных типов фасадных систем, анализируя их конструктивные особенности, а также выделяя преимущества и уникальные аспекты монтажа.

Традиционный фасад

К наиболее распространённым типам традиционных фасадов можно отнести конструкции стен, в которых основные функции несущей способности и теплоизоляции выполняет сама стена. При этом фасадный слой, выполненный из лицевого (клинкерного) кирпича, придаёт зданию архитектурную выразительность и защищает его от негативного воздействия внешней среды.

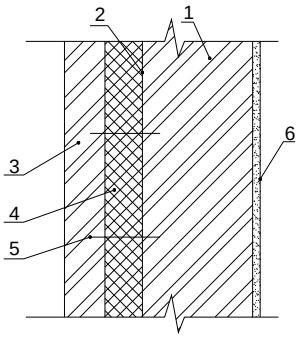


Рис. 1. Система традиционного фасада
1 – силикатный кирпич; 2 – проникающая грунтовка, слой клеевого состава; 3 – облицовочный слой из керамического пустотелого кирпича; 4 – наружное утепление плитами из минераловатной плиты; 5 – гибкие связи; 6 – штукатурка на цементно-песчаном растворе

Такое конструктивное решение стало возможным благодаря совокупности характеристик современных стеновых блоков, которые позволяют строить стены жилых зданий без необходимости в дополнительных теплоизоляционных мероприятиях.

Преимущества традиционных фасадов из лицевого керамического (клинкерного) кирпича.

1. Простота монтажа: отсутствие специальных конструктивных элементов и долгосрочная традиция использования таких фасадов не требуют от каменщиков специальных навыков и умений.

2. Защита конструкции: кирпичный слой эффективно защищает стену от воздействия внешней среды и различных неблагоприятных факторов.

3. Управление влагой: влага, находящаяся в стенах и внутри здания, может свободно мигрировать наружу, предотвращая образование плесени и сырости.

4. Устойчивость к перепадам температур: выбор клинкерного кирпича и последующая гидрофобизация поверхности кладки обеспечивают защиту от разрушительного воздействия циклического замерзания и оттаивания.

5. Коэффициенты температурного расширения: схожие значения коэффициентов температурного расширения материалов стен минимизируют риск образования температурных напряжений при смене сезонов.

6. Архитектурная выразительность: с эстетической точки зрения кирпичный фасад является эталоном в малоэтажном строительстве и предоставляет широкие возможности для архитектурного дизайна.

7. Экологическая чистота: кирпичные фасады отличаются высокой экологичностью и безопасностью для здоровья.

8. Пожарная безопасность: кирпичный фасад представляет собой самый огнестойкий тип ограждающих конструкций.

9. Долговечность: срок службы таких фасадов может превышать сто лет без необходимости в капитальном ремонте.

10. Удовлетворительная ремонтопригодность: кирпичные фасады легко поддаются ремонту при необходимости.

11. Свето-стабильность: они абсолютно устойчивы к воздействию солнечной радиации [3].

12. Устойчивость к ветровым нагрузкам: кирпичные фасады способны эффективно выдерживать сильные ветры [4].

13. Химическая инертность: обожжённая керамика обладает абсолютной химической нейтральностью, что делает её надежным материалом.

Штукатурный утепленный фасад

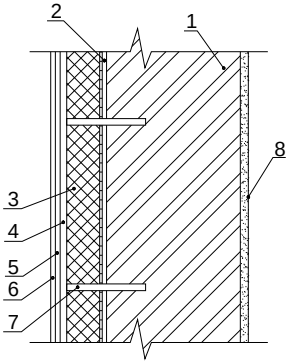


Рис. 2. Система утепления фасадов с отделочным слоем из штукатурки 1 – силикатный кирпич; 2 – проникающая грунтовка слой клеевого состава; 3 – наружное утепление плитами из минераловатной плиты; 4 – армирующая сетка; 5 – кварцевая грунтовка; 6 – декаративный штукатурный слой; 7 – дюбель; 8 – штукатурка на цементно-песчаном растворе

Производители крупных керамических стеновых блоков утверждают, что при правильном выборе толщины блоков дополнительное утепление стен не является необходимым. Защиту стен от неблагоприятных воздействий внешней среды можно обеспечить с помощью стандартных штукатурных составов, предназначенных для формирования гладкой основы под защитно-декоративную окраску. В частности, можно использовать либо лёгкие штукатурки с водоотталкивающим верхним слоем, либо традиционные штукатурки, армированные сеткой.

Достоинства однослойной штукатурки.

1. Низкая стоимость: материалы и работы по штукатурке и окраске имеют сравнительно низкую стоимость.

2. Простота выполнения работ: отсутствие специальных конструктивных элементов и многовековая традиция таких фасадов не требуют от штукатуров и маляров наличия специальных навыков.

3. Минимальная толщина: незначительная толщина штукатурного слоя (8–20 мм), который хорошо сцепляется со стеной, практически не вносит дополнительных требований к усилению цокольной и фундаментной части здания.

4. Возможность миграции влаги: влага, находящаяся в стенах и внутри здания, может свободно мигрировать наружу, предотвращая образование сырости и плесени.

5. Устойчивость к температурным изменениям: схожие значения коэффициентов температурного расширения всех материалов исключают возникновение температурных напряжений при смене сезонов.

6. Разнообразие фактур и цветов: широкий выбор фактурных штукатурных составов и лакокрасочных материалов предоставляет возможность для реализации многообразия архитектурных решений.

7. Экологическая безопасность: низкое содержание полимерных материалов снижает риск образования вредных продуктов распада во время эксплуатации, так как основные компоненты составов являются экологически чистыми и биоинертными.

8. Пожарная безопасность: фасад с однослойной штукатуркой почти не уступает кирпичному в показателях пожаростойкости, за исключением случаев использования горючих лакокрасочных материалов для окраски.

9. Ремонтопригодность: хорошая ремонтопригодность позволяет легко восстанавливать поврежденные участки.

10. Стойкость к солнечной радиации: высокая стойкость к солнечным лучам, особенно у неокрашенных систем.

11. Устойчивость к ветровым нагрузкам: абсолютная стойкость к воздействию сильных ветров, что делает конструкцию надежной.

Вентилируемые фасады

Вентилируемый фасад – это конструкция, состоящая из облицовочных материалов (плит или листов) и системы под облицовку, которая крепится к стене, создавая вентилируемую воздушную прослойку между облицовкой и стеной. Основные элементы системы вентилируемого фасада включают несущий каркас, утеплитель и облицовочные панели.

Применение вентилируемого фасада позволяет эффективно решать проблему миграции водяного пара. Вентилируемая воздушная прослойка, расположенная между утеплителем и наружной облицовкой стены, обеспечивает возможность отведения влаги. Разница температур между помещением и наружным воздухом создаёт тепловой поток, направленный от более горячей среды (внутри здания) к более холодной (снаружи). Холод-

ный уличный воздух, входя в воздушную прослойку, сталкивается с теплой поверхностью утеплителя, нагревается и поднимается вверх. Такой процесс предотвращает конденсацию водяного пара и, соответственно, увлажнение материалов стен.

Существуют две основные разновидности вентилируемых фасадов.

1. Колодцевая кладка: В данной системе облицовка монтируется на специальную подкладку, что обеспечивает ее стабильность и защиту от внешних воздействий.

Достоинства:

• сокращение толщины несущей стены: это приводит к экономии материалов и снижению требований к несущей способности фундамента;

• исключение конденсации влаги: при правильном устройстве фасада предотвращается накопление влаги внутри элементов стены;

• легкость восстановления функциональности: в случае разрушения теплоизоляционного слоя, функциональность фасада можно восстановить, залив образовавшуюся полость полимеризующимися пенами или засыпав лёгкими материалами, такими как керамзит или крошка пеностекла;

• нет необходимости в «тёплых» растворах: для фасадной кирпичной кладки не обязательно использовать специальные кладочные растворы;

• экономичные материалы: в качестве лицевого слоя можно использовать керамические и клинкерные кирпичи «американского формата», что снижает затраты.

2. Навесной вентилируемый фасад: в этой конструкции облицовочные панели крепятся к каркасу, создавая пространство для свободного движения воздуха, что способствует лучшей вентиляции и терморегуляции.

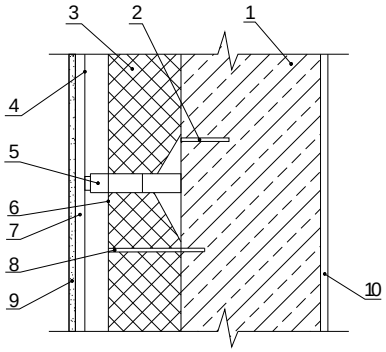


Рис. 3. Система навесного фасада 1 – газосиликатные блоки; 2 – анкерный дюбель для крепления кронштейна к стене; 3 – наружное утепление плитами из минераловатной плиты; 4 – воздушный зазор; 5 – кронштейн; 6 – ветрозащитная мембрана; 7 – направляющая; 8 – тарельчатый дюбель; 9 – керамогранитные плиты; 10 – штукатурка на цементно-песчаном растворе

Достоинства навесных вентилируемых фасадов:

• высокая технологичность: подготовка несущей стены практически не требуется, элементы конструкции имеют высокую степень заводской готовности;

• высокая скорость монтажа: процесс установки проходит быстро и эффективно;

• отсутствие «мокрых» процессов: это уменьшает время на выполнение работ и позволяет избежать проблем, связанных с влагой;

• простота монтажа: монтаж системы вентилируемых фасадов простой, однако требует квалификации рабочих;

• использование средств для подъёма: не требуется устройство лесов; монтаж может проводиться с люлек, что делает процесс более безопасным и удобным;

• подгонка на стройплощадке: фасадные облицовочные элементы можно подгонять «в размер» прямо на месте, что упрощает процесс крепления;

• работа в любое время года: возможность проводить монтаж даже в неблагоприятных погодных условиях;

• долговечность конструкции: срок службы элементов здания может достигать 50–100 лет благодаря конструктивным особенностям;

• низкие эксплуатационные затраты: затраты на обслуживание и эксплуатацию фасадов остаются низкими;

• широкий выбор облицовочных материалов: это позволяет реализовать практически любое дизайнерское решение, что делает фасады визуально привлекательными и разнообразными.

Результаты и проблематика

Функция теплоизоляции: в традиционных и штукатурных утепленных фасадных системах основную теплоизоляционную функцию выполняет сама стена, тогда как в вентилируемом фасаде главную роль играет утеплитель и вентилируемый зазор. Это определяет разные подходы к теплоизоляции и выбор материалов.

Сложность монтажа: монтаж традиционных и штукатурных фасадных систем обычно является простым, в то время как установка вентилируемого фасада требует более тщательного и детального подхода. Неправильный монтаж вентилируемого фасада может привести к потере его теплоизоляционных свойств, что подчеркивает важность квалификации специалистов.

Требования к цоколю и фундаменту: незначительная толщина штукатурного слоя в штукатурной фасадной системе практически не увеличивает требования к укреплению цокольной и фундаментной части здания. В традиционном типе фасадных систем, где используется клинкерный

кирпич, выбор и гидрофобизация поверхности кирпичной кладки обеспечивают устойчивость к разрушению в результате попеременного замерзания и оттаивания.

Экономические аспекты: вентилируемый фасад имеет самую тонкую несущую стену среди всех рассмотренных систем, что приводит к наименьшим затратам на материалы. Однако затраты на монтаж некоторых фасадов, включая вентилируемые, могут быть более высокими из-за сложности установки и необходимости специализированного оборудования и квалифицированного труда.

Заключение

Тип системы фасадов должен подбираться с учетом условий финансирования проекта и технических требований к зданию. Важно учитывать, что различные фасадные технологии предлагают разные уровни теплоизоляции, сложности монтажа и долговечности, что, в свою очередь, влияет на общие затраты.

Например, вентилируемые фасады, несмотря на более высокие затраты на монтаж, обеспечивают отличные теплоизоляционные свойства и долговечность. Традиционные и штукатурные системы могут быть более доступными по цене, но требуют тщательного выбора материалов и выполнения монтажных работ.

Финансирование проекта, доступное для строительства, непосредственно влияет на выбор системы: при ограниченном бюджете могут быть предпочтительными более простые и экономичные решения, тогда как для высококачественного строительства с долгосрочной эксплуатацией подойдут более сложные и дорогие системы.

Таким образом, правильный выбор системы фасада является ключевым шагом, который должен учитывать как финансовые аспекты, так и технические требования, чтобы обеспечить долговечность и эффективность здания.

Список литературы

1. Адамович, Е. Облицовка вентилируемого фасада: множество вариантов / Е. Адамович // Будмайстер. – 2002. – №3 (23/24). – С. 32–33.

2. Батинич, Р. Вентилируемые фасады зданий: Проблемы строительной теплофизики, систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях / Р. Батинич // Сб. докл. IV науч.-практ. конф. – Москва : НИИСФ, 1999.

3. Бирюкова, Т. П. Ограждающие конструкции стен с использованием современных фасадных систем / Т. П. Бирюкова // Промышленное и гражданское строительство (ПГС).Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия. – 2005. – №1. –С. 50–51.

4. Гликин, С. М. Разработка и совершенствование эффективных ограждающих конструкций / С. М. Гликин // Промышленное и гражданское строительство (ПГС) : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия. – 2004. – №6. – С. 20–21.

5. Дрижук, Д. Проблемы выбора фасадной системы / Д. Дрижук, М. Фленкин // Технологии строительства. – 2002. – №6. – С. 34–37.

6. Андреева, О. П., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А., Михайлова, Э. В. Модерн в архитектуре городов Чувашии // Строительство и застройка: жизненный цикл–2020 : Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 14–21. – EDN RDGBRW.

7. Андреева, О. П., Михайлова, Э. В., Ахметова, С. П., Григорьева, Т. А. Памятники архитектуры в современном облике города Чебоксары // Строительство и застройка: жизненный цикл–2022 : Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2022 г.). – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 9–17. – EDN WURHPE.

8. Ахметова, С. П. Дизайн городской среды. Синтез исторической и современной архитектуры / С. П. Ахметова, О. П. Андреева, Э. В. Михайлова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции (Чебоксары, 21–22 ноября 2018 г.). – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 13–17. – EDN DEKGQJ.

9. Андреева, О. П. Архитектура модерна в современном облике городов Чувашии / О. П. Андреева, Э. В. Михайлова, С. П. Ахметова // Художественное образование и наука. – 2023. – №2 (35). – С. 128–135. – DOI 10.36871/hon.202302128. – EDN LADDOJ.

10. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах : Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 23–24 апреля 2024 г.). – Чебоксары: Среда, 2024. – С. 189–196. – EDN AASTZD.

11. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – Т. 3. – С. 182–186. – EDN WHSXLM.

12. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – Т. 3. – С. 30–34. – EDN QFVWSP.

13. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред–2023 : ссорник статей по материалам IV Международной конференции (Чебоксары, 12 декабря 2023 г.). – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 64–71. – EDN DTEHIQ.

14. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл–2022 : Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2022 г.). – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 30–37. – EDN NFYFOK.

15. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова (Чебоксары, 28 апреля 2022 г.). – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 72–79. – EDN SEPLET.

16. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред–2021 : Сборник статей по материалам III Международной конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2021 г.). – Чебоксары: Среда, 2021. – С. 126–138. – EDN KVYPSN.

17. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции (Чебоксары, 21–22 ноября 2018 г.). – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 88–96. – EDN ISUHBL.

18. Сакмарова, Л. А. Особенности разработки вопросов тепловой защиты зданий в курсовом проектировании студентов строительных специальностей / Л. А. Сакмарова // Математические модели и их приложения : сборник научных трудов. Вып. 13. – Чебоксары : Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2011. – С. 194–197. – EDN ZCKIWR.

Сведения об авторах:

Николаева Анастасия Георгиевна – старший преподаватель кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: nag_sf@mail.ru

Каримкина Александра Эдуардовна – магистрант ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: sashaantonova46@gmail.com

Nikolayeva Anastasia Georgievna – Senior Lecturer, Department of Building Structures I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: nag_sf@mail.ru

Karimkina Aleksandra Eduardovna – master`s student I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: sashaantonova46@gmail.com

Для цитирования:

Николаева, А. Г. Энергоэффективные фасады зданий / А. Г. Николаева, А. Э. Каримкина // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 35–44.

Citation:

Nikolaeva A. G. Energy efficient building facades / A. G. Nikolaeva, A. E. Karimkina // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 35–44.

УДК 725.85

ФИДЖИТАЛ-ЦЕНТРЫ КАК СПОРТИВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

И.С. Панкратов,
В.Е. Бородов
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола, Россия

Аннотация*: статья посвящена спортивным фиджитал-центрам – объектам, объединяющим физические и цифровые компоненты для проведения тренировок и соревнований. Рассматриваются архитектурные особенности проектирования таких пространств, их роль в городской среде и перспективы развития. В качестве примера используется опыт «Игр будущего» 2023 года в Казани, где фиджитал-центры активно использовались. Статья акцентирует внимание на преимуществах и вызовах создания таких центров и их значении для устойчивого развития городов.*

Ключевые слова*: фиджитал-центры, спортивные сооружения, архитектура, устойчивое развитие, цифровые технологии, Казань, Игры будущего.*

PHYGITAL CENTERS AS SPORTS FACILITIES IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING

Abstract: *this article is dedicated to phygital sports centers – facilities that combine physical and digital components for training and competitions. The architectural features of such spaces, their role in urban environments, and development prospects are discussed. The experience of the "Games of the Future" held in Kazan in 2023, where phygital centers were actively utilized, is used as an example. The article highlights the advantages and challenges of creating such centers and their significance for the sustainable development of cities.*

Keywords*: phygital centers, sports facilities, architecture, sustainable development, digital technologies, Kazan, Games of the Future.*

Введение

Фиджитал-центры представляют собой инновационные спортивные объекты, сочетающие физические и цифровые аспекты, что позволяет эффективно адаптировать их к потребностям современных спортивных мероприятий. В настоящее время эта область развивается быстрее, чем когда-либо прежде. Частично эта эволюция происходит благодаря новым доступным технологиям и новому креативному подходу творческих умов, которые разрабатывают современные способы решения старых проблем [1]. Впервые концепция фиджитал-пространств нашла широкое применение в спортивной индустрии на международном уровне во время «Игр будущего» в Казани в

2023 году, где были созданы условия для проведения как традиционных, так и цифровых спортивных соревнований. Исход из этого популярность данного мероприятия стремительно растет, так в 2024 году количество желающих участвовать на чемпионате России по фиджитал-спорту увеличилось почти в 2 раза по сравнению с 2023 годом. Также возросло количество регионов заинтересованных в проведении данных мероприятий.

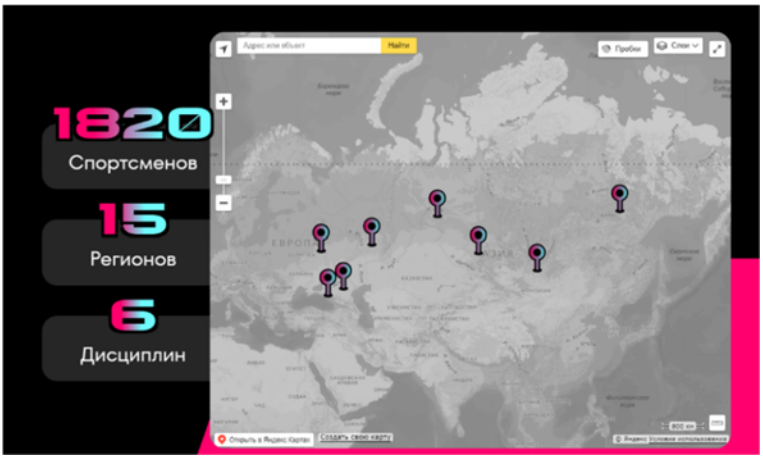


Рис. 1. География межрегиональных турниров в Российской Федерации в 2023 году

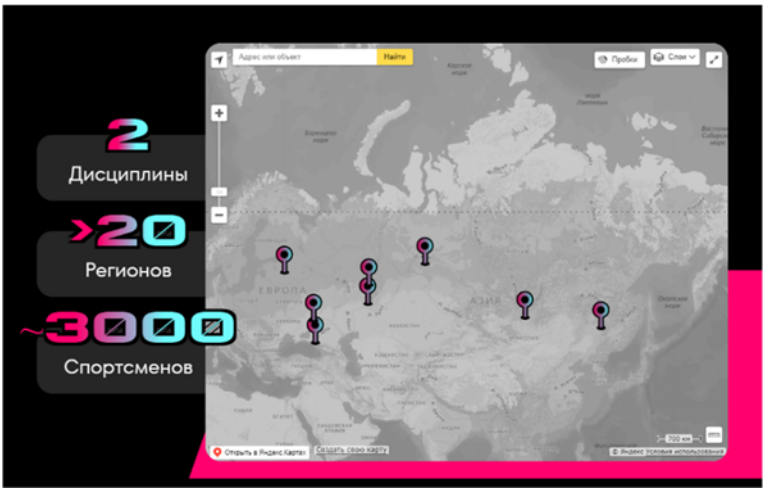


Рис. 2. География межрегиональных турниров в Российской Федерации в 2024 году

Одним из центральных аспектов стало интегрирование цифровых решений в спортивные сооружения и взаимодействие с пользователями. Для этого были использованы такие технологии, как дополненная реальность (AR) и виртуальная реальность (VR), а также различные сенсорные системы для мониторинга состояния спортсменов и улучшения зрелищности мероприятий. Фиджитал-центры играют значительную роль в формировании интеллектуальной городской среды, интегрируя современные цифровые технологии с устойчивыми архитектурными решениями. Дизайн футуристических пространств формируют архитектуру будущего [2]. Цель данного исследования – проанализировать особенности проектирования спортивных фиджитал-центров и оценить их влияние на развитие городской инфраструктуры.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось на основе анализа существующих данных о проектировании и эксплуатации фиджитал-центров, а также с учетом опыта, полученного на «Играх будущего». Были изучены архитектурные и инженерные подходы к созданию спортивных объектов, оснащенных системами виртуальной и дополненной реальности, интерактивными экранами и датчиками. Важным аспектом методологии исследования стал анализ преимуществ и проблем, с которыми сталкиваются при реализации фиджитал-пространств в архитектуре и строительстве.

Результаты и проблематика

Функциональные особенности фиджитал-центров: современные спортивные фиджитал-центры обеспечивают пользователям гибкость и возможность участия в мероприятиях как в физическом, так и в цифровом формате. Например, на «Играх будущего» использовались интегрированные системы отслеживания результатов, цифровые экраны, дополненная реальность и интерактивные системы контроля. Это расширяет возможности тренировок и соревнований, делая их доступными для широкой аудитории.

Экологические преимущества и устойчивость: фиджитал-центры способствуют снижению энергопотребления за счет использования умных технологий и энергоэффективных систем. Многофункциональность таких объектов позволяет сократить нагрузку на городскую инфраструктуру, поскольку они могут применяться не только для соревнований, но и для общественных мероприятий и образовательных программ. Это повышает ресурсную эффективность и способствует устойчивому развитию города.

Проблемы и вызовы при проектировании и эксплуатации фиджитал-центров: фиджитал-центры, как спортивные и развлекательные пространства нового поколения, сталкиваются с рядом проблем при проектировании и эксплуатации. Во-первых, интеграция физических и цифровых

компонентов требует сложной технической инфраструктуры, включающей высококачественные системы мониторинга, программное обеспечение и сенсорные устройства. Такой подход увеличивает как начальные затраты на строительство, так и расходы на эксплуатацию и обслуживание этих объектов.

Кроме того, проектирование фиджитал-центров требует соблюдения баланса между технологической инновацией и функциональностью. Важным аспектом является создание удобных и безопасных интерфейсов для пользователей, которые должны легко взаимодействовать с различными технологиями, не перегружая пространство.

Технические аспекты, такие как мониторинг достижений на спортивных площадках и в виртуальных играх, также требуют высокого уровня точности в сборе и обработке данных. При этом необходимо учитывать вопросы безопасности личных данных пользователей, что является вызовом для всех цифровых спортивных инфраструктур.

Фиджитал-центры требуют значительных финансовых вложений на этапе реализации, что делает вопрос их окупаемости особенно важным. Несмотря на очевидные преимущества, такие как привлечение молодежной аудитории и развитие новых видов спорта, необходимо тщательно анализировать экономическую целесообразность таких проектов, чтобы избежать возможных финансовых рисков.

Проблемы синергии физической и цифровой среды: в теории фиджитал-центры предполагают гармоничное слияние физического и цифрового пространства, на практике создание таких объектов часто сталкивается с трудностями интеграции. Например, необходима высокая степень взаимодействия между архитектурой, инженерными системами и информационными технологиями. Важным вызовом является также создание удобного интерфейса для пользователей, чтобы взаимодействие с цифровыми технологиями было интуитивно понятным и не перегружало физическое пространство.

Заключение

Фиджитал-центры представляют собой перспективное направление в архитектуре спортивных объектов, объединяя физические и цифровые компоненты для создания современных, многофункциональных пространств. Эти центры способствуют популяризации спорта, улучшению городской среды и повышению эффективности использования ресурсов. Опыт проведения «Игр будущего» продемонстрировал потенциал фиджитал-центров как элементов устойчивого городского развития. В будущем их использование может стать нормой для спортивной и городской инфраструктуры, способствуя инновациям и улучшению качества жизни населения. Несмотря на существующие трудности, междисциплинарное

сотрудничество и развитие стандартов проектирования помогут успешно внедрять фиджитал-центры в городскую среду.

Список литературы

1. Кенжегалиева, Б. А. Тенденции архитектуры будущего: от традиционного к современному / Б. А. Кенжегалиева // Endless light in science. – 2024. – Строительство и архитектура.

2. Бембель, И. О. Мимесис как индикатор архитектурных суперстилей / И. О. Бембель // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2021. – №3 (50). – С. 94–98.

3. Иванов, А. С. Инновационные технологии в проектировании спортивных сооружений: фиджитал-подход / А. С. Иванов // Вестник архитектуры и строительства. – 2022. – №3. – С. 123–134.

4. Белякова, М. Ю. Применение цифровых и информационных технологий в сфере физической культуры и спорта / М. Ю. Белякова, А. Д. Дьяконов // Экономика и управление в спорте. – 2021. – Т. 1. №3. – С. 133–148.

5. Макаров, Д. Л. Цифровизация спортивных объектов в контексте умного города / Д. Л. Макаров // Городская среда и инновации. – 2021. – №1. – С. 34–45.

6. Савинкин, В. В. Методы исследования и принципы проектирования городской среды / В. В. Савинкин, А. А. Дорофеева // Бизнес и дизайн ревю. – 2022. – №4 (258). – С. 87–100.

Сведения об авторах:

Панкратов Илья Сергеевич – студент группы АРХм-11 (07.04.01) Архитектура ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, Россия. E-mail:ilya_pankratov_01@mail.ru

Бородов Владимир Евгеньевич – профессор кафедры «Проектирование зданий» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, Россия. E-mail: BorodovVE@volgatech.net

Pankratov I. S. – student of group ARHm-11 (07.04.01) Architecture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia. E-mail: ilya_pankratov_01@mail.ru

Borodov V. E. – Professor of the "Building Design" Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volga State University of Technology», Yoshkar-Ola, Russia. E- mail: BorodovVE@volgatech.net

Для цитирования:

Панкратов, И. С. Фиджитал-центры как спортивные сооружения в архитектуре и градостроительстве / И. С. Панкратов, В. Е. Бодров // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 45–49.

Citation:

Pankratov I. S. Phygital centers as sports facilities in architecture and urban planning / I. S. Pankratov, V. E. Bodrov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 45–49.

УДК 721.011

ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ПРИЮТОВ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

Л.А. Сакмарова,
Д.Л. Гайнуллина
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассматривается процесс развития приютов для бездомных животных в рамках системы здравоохранения России, проблемы, которые требуют своего решения. Предложен проект приюта для бездомных животных в г. Чебоксары.*

Ключевые слова: *приют для бездомных животных, проблемы, проект приюта для бездомных животных в г. Чебоксары.*

HISTORICAL ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE ANIMAL SHELTER

Abstract: *the article examines the process of development of the shelter industry within the Russian healthcare system, problems that require their own solution. A project for an animal shelter in Cheboksary is proposed.*

Keywords: *sanatorium shelter for homeless animals, problems, the project of a shelter for homeless animals in Cheboksary.*

Введение

Проблема бездомных животных в России существовала всегда, но отношение к ней менялось на протяжении столетий. В историческом контексте приюты для бездомных животных – это не просто места содержания, а отражение общественной морали и эволюции гуманного отношения к братьям нашим меньшим.

Материал и методы исследований

Проблема приютов для бездомных животных в России является крайне актуальной и требует комплексного подхода. Одной из главных проблем является рост численности бездомных животных. Отсутствие массовой стерилизации и кастрации приводит к стремительному росту популяции бездомных животных, особенно в городах. Бездомные животные могут представлять опасность для людей, особенно агрессивные собаки, а также быть источником заболеваний. На данный момент существующие приюты переполнены, и им не хватает ресурсов для содержания всех животных. Решение проблемы бездомных животных требует совместных усилий государства, общественных организаций, и граждан. Повышение

осведомленности, финансирование приютов, улучшение законодательной базы и пропаганда ответственного отношения к животным – важные шаги на пути к решению этой актуальной проблемы.

Нашим исследованием выделены следующие периоды в развитии приютов для домашних животных.

1. **Ранняя история (до XX века)**.

Первым приютом для животных в России можно считать приют для собак в Михайловском дворце, открытый в XVIII веке Императором Павлом I. Примечательно, что именно Павел I является основателем кинологии в России. С наступлением XIX века в Россию приходят европейские веяния о наделении животных юридическими правами. Европейские страны начинают выступать за гуманное отношение к животным, которое, по их мнению, должно быть задокументировано. В 1864 году гласный Санкт-Петербургской Думы П.В. Жуковский предложил создать Общество по надзору за обращением с животными, которые живут на улицах, дворах и в любых общественных местах. Предпосылками создания Общества служило недовольство Жуковского жестоким обращением извозчиков с лошадьми и ненадлежащие условия перевозки скота. Уже в 1865 году утвердили Устав Российского Общества Покровительства Животным (РОПЖ). Его первым председателем стал внук полководца А.В. Суворова князь А.А. Суворов. Членами общества были дворяне, а попечительство принадлежало самому Императору Александру II. Филиалы Общества существовали в разных губернских городах. Основной целью РОПЖ являлось прекращение жестокости к животным со стороны людей. В 1866 году появились первые в России «Правила обращения с животными». В одном из важных пунктов правил говорилось, что запрещается любое жестокое обращение людей к животным. В этом же году Александр II запретил водить медведей по городам и весям. Церковь давно не одобряла традиционной «медвежьей забавы», а появившиеся РОПЖ, которое тесно сотрудничало с Церковью, только поспособствовало этим изменениям. Общество вело активную пропаганду гуманного отношения к животным. Его представители читали лекции возле вокзалов в крупных городах, размещали на базарных площадях плакаты с правилами обращения с животными и уголовными последствиями их нарушений. Начали создавать приюты для животных и специальные учреждения для лечения больных бездомных кошек и собак. Полиция всячески содействовала исполнению новых законов. За помощь и спасение бездомных животных городовые получали награды. Особенно известен случай, когда постовой Супольников спас собаку, тонущую в Москве-реке, за что получил награду и денежную премию. Общество настолько повлияло на государственную политику, что в Российской Империи в 1892 году появились «Правила об охоте» – первое законодательство, регулирующее процесс охоты. Большая часть современных законов об охоте основана именно на этих первых законодательных нормах.

Рис. 1. Михайловский замок, 1885 г.

Рис. 2. Вождение медведей

2. **Советский период (1917–1991)**.

В начале XX века Общество добилось такого уважения, что ему разрешили прибивать на стены домов таблички, гласившие «Обращайтесь сострадательно к животным!». После революции 1917 года Совнарком начал реализацию принадлежавшей Свердлову идеи «обезлошадить Россию». Целью было истребить большую часть лошадей на южной территории страны. По всей России начали истреблять бездомных собак, в том числе и породистых. Еще долго время власть вела жестокую практику по отношению к животным, отголоски доходят и до наших дней. В 1954 году преподаватель Е.А. Антонова совместно с художником В.В. Ватагиным создали первую в СССР секцию охраны животных при Московском городском обществе охраны природы. Участие в мероприятиях сек-

ции было добровольным. Секция стремилась возродить традиции милосердного отношения к животным в российском обществе. Именно с нее берет начало движение по защите животных в советское время. Неоспорим большой вклад секции в борьбу за принятие закона об ответственности за жестокое обращение с животными, в частности домашними, а также в контроль за качеством условий содержания животных, используемых для опытов в лабораториях при НИИ. В советское время деятельность по защите животных в силу соответствия будущей профессиональной деятельности была в приоритете у студентов биологического направления, а также у школьников. Взрослое население практически не принимало участия в общественной деятельности по защите братьев наших меньших, потому что вопросы зоодвижения публично не освещались. В 1990-е годы начинается новый виток истории зоозащиты в России. На зоозащитное направление общественной жизни начинают влиять западные активисты. Появилась возможность заявлять о зоопроектах с помощью развивающегося интернета. На это же время приходится зарождение третьего экономического сектора. Появляются первые некоммерческие организации, вносящие основной вклад в защиту животных. Формировались первые волонтерские движения, и люди начали узнавать больше о самих понятиях «волонтерство и добровольчество». Сказать точно о числе НКО, помогающих животным в то время невозможно, ведь их деятельность в первую половину 1990-х никак не регулировалась**.** К середине 1990-х правительство начало работу над законодательной основой волонтерства, и в 1995 году вышел закон «О благотворительной деятельности и благотворительных организациях». Наконец, появилось юридическое определение понятия «волонтер». Были определены права и обязанности волонтеров (добровольцев). По сравнению с советским временем проблема защиты животных сейчас охватывает все больше неравнодушного населения: от детей до пожилых людей. И каждый из них независимо от своего дохода, возраста, уровня жизни и образования, профессии и жизненных целей помогает заявить о существующей проблеме и даже небольшими шагами прийти к большим решениям.

3. **Современный период (с 1991 года)**.

Возрождение частных инициатив: с распадом СССР произошло возрождение частных приютов для бездомных животных. Многие из них были основаны на волонтерских принципах и финансировались за счет пожертвований. В 1990-х годах появились такие приюты, как «Приют для беспризорных животных» в Москве и «Кошки СПб» в Санкт-Петербурге, которые стали основой для развития гуманного движения в России. Так же способствуют частные приюты. Приводим полный перечень приютов, ПВС и общественных организаций в сфере защиты животных по регионам России на сентябрь 2024 г. (погрешность в данных/количестве организаций может составлять до 5% и не учитывать те организации, информации о которых нет в свободном доступе в сети Интернет).Согласно таб-

лице, в России действуют: 74 пункта временного содержания, 125 муниципальных/государственных приютов, 622 частный приют (без учета г. Москва) и 401 общественная организация (без учета г. Москвы и Московской области).Наибольшее количество объектов расположено в Центральном, Северо-Западном и Приволжском Федеральных округах. Наименьшее число объектов – в Южном и Северо-Кавказском Федеральном округе. В то время, как в некоторых регионах сильно развито волонтерское движение и все деятельность по обращению с животными осуществляется частными приютами (например, Кемеровская область, Иркутская область, Красноярский край и др.), в некоторых регионах в принципе отсутствуют какие-либо приюты или пункты временного содержания (Калмыкия, Ингушетия). В целом, многие регионы за последние 3 года активно открывают новые муниципальные приюты и поддерживают имеющиеся частные приюты, чтобы реализовывать программу ОСВВ. Также стоит отметить, что некоторые регионы уже начали открывать пункты временного содержания, после принятия обновленных региональных НПА (например, Астраханская область).

Рис. 3. Кожуховский приют

Рис. 4. Кожуховский приют

Рис. 5. Приют «Дубовая роща»

Рис. 6. Приют «Дубовая роща»

Результаты и проблематика

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [1–12].

Руководствуясь нормами на проектирование функционально-типологической группы Ф3-4 (Приюты для животных) СП 492.1325800.2020 «Приюты для животных» нами выявлены следующие требования к объемно-планировочным решениям приютов для бездомных животных:

Приюты в соответствии с СП42.13330, СП 19.133303.2019), следует располагать на земельных участках:

а) производственных зон городских и сельских поселений:

▪ на вновь отведенных;

▪ ранее существовавших производственных зон городских и сельских поселений, в отношении которых проводится реконструкция;

▪ несельскохозяйственного назначения или непригодных для ведения сельского хозяйства;

▪ сельскохозяйственного назначения.

б) государственного лесного фонда – с использованием автономных замкнутых экологически чистых инженерных систем, а также с учетом требований, в том числе на расстоянии не менее 500 м от открытых водных источников (рек, озер, прудов и пр.). При выборе земельных участков для размещения приютов следует учитывать региональные (местные) нормативы градостроительного проектирования.

– земельные участки приютов следует располагать с наветренной стороны по отношению к предприятиям и сооружениям, выделяющим вредные вещества в атмосферный воздух, и с подветренной стороны – к жилой и общественной застройке.

Здания и сооружения приютов размещаются на земельных участках с низким уровнем грунтовых вод.

– здания и сооружения на земельном участке приюта следует размещать компактно исходя из общей архитектурно-планировочной структуры и функционально-технологического зонирования территории, с учетом возможного воздействия на окружающую среду;

– минимальное санитарное расстояние (санитарно-защитная зона) от территории приютов до жилых и общественных территорий принимается в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормами, в том числе СанПин 2.2.1/2.1.1.1200, СанПиН2.1.3684.

На территории приюта расстояние между зданиями карантина для поступающих в приют животных и зданиями для содержания животных, а также между другими зданиями и сооружениями приюта следует принимать не менее 50 м.

При проектировании новых и реконструкции существующих приютов следует обеспечивать доступностью земельного участка для маломобильных групп населения (МГН) в соответствии с требованиями СП 59.13330. Состав доступных для МГН административно-бытового корпуса и иных зданий (помещений) определяется заданием на проектирование.

Приюты подразделяются:

1) по принадлежности – на государственные, муниципальные и частные;

2) по типу содержания – на смешанного (собаки и кошки) и специализированного (или собаки или кошки);

3) по численности содержащихся в приюте животных (далее – вместимости);

4) по строительным характеристикам зданий и сооружений приюты – могут иметь в своем составе капитальные здания, временные, модульные здания, в том числе из сборно-разборных конструкций.

Вместимость приютов определяется заданием на проектирование с учетом ориентировочного количества животных (без владельцев), согласно 1.2, в муниципальном образовании, инфраструктурной обеспеченности субъектов Российской Федерации согласно, а также региональных и климатических особенностей, эпизоотической ситуации.

Рекомендуемая оптимальная численность содержащихся в приюте животных – не более 300 животных (собак и кошек).

В приютах вместимостью более 300 животных в целях обеспечения ветеринарного благополучия зона постоянного содержания животных должна быть разделена на подзоны вместимостью не более 300 животных. Расстояния между подзонами, на которых расположены павильоны для содержания собак общей вместимостью не более 300 животных, должны составлять 60 м.

Для постоянного содержания собак и кошек в приюте предусматриваются вольеры. В карантине, изоляторе и стационаре, здании хосписа и реабилитации животных допускается только индивидуальное содержание животных в клетках или боксах.

Павильоны для содержания собак и здания с вольерами для содержания кошек, при размещении их в одном приюте, следует проектировать раздельными, обеспечивая исключение визуального контакта между собаками и кошками [1].

При новом строительстве и реконструкции приюты в жилых, общественных, административных и производственных зданиях не размещаются. Приюты для животных в квартирах любой формы собственности не допускаются.

Штатную численность сотрудников приюта следует определять в зависимости от вместимости приюта по заданию на проектирование, видов выполняемых работ.

Заключение

При проектировании приютов для животных важно учитывать комфорт, безопасность, вентиляцию, зонирование, доступность и экологические аспекты.

Приюты должны обеспечивать животных комфортными условиями для жизни. Проектируемые пространства должны быть решены с учетом размеров и потребностей разных видов животных и обеспечены хорошей вентиляцией для предотвращения накопления запахов и болезней. Пространство следует разделить на функциональные зоны для собак, кошек и других животных. Необходимо создать отдельные пространства для приема, ухода и работы с животными, а также общественные зоны для посетителей и потенциальных владельцев, чтобы люди могли взаимодействовать с животными и принимать решения о их приеме.

Следуя этим рекомендациям, мы сможем создать функциональный и комфортный приют для животных, который будет улучшать качество их жизни и обеспечивать безопасность.

Список литературы

1. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – P. 49–54.

2. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

3. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред–2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

4. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

5. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

6. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

7. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

8. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

9. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

10. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

11. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

12. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

13. СП 492.1325800.2020 Приюты для животных. Правила проектирования (с Изменением №1). – URL: docs.cntd.ru

14. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

15. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

16. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

17. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции / Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

18. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

19. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

20. Сакмарова Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

21. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл–2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

22. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – С. 222–226.

23. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

24. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

25. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю.А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

26. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

27. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях: материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

28. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

29. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

30. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

31. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Гайнуллина Динара Ленаровна – бакалавр строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: gdinara2016.20@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, Chuvash State University. I.N. Ulyanova. Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Gainullina Dinara Lenarovna – undergraduate of Chuvash State University. I.N. Ulyanova. Cheboksary, Russia E-mail: irishka200196@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития приютов для животных / Л. А. Сакмарова, Д. Л. Гайнуллина // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 50–60.

Citation:

Sakmarova L. A. Historical analysis of the development of the animal shelter / L. A. Sakmarova, D. L. Gainullina // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 50–60.

УДК 721.011

ТИПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ЗДАНИЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Л.А. Сакмарова,
М.А. Бахмисова,
Д.Д. Данилова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в данной статье проводится типологический анализ зданий общеобразовательных организаций, рассматриваются основные этапы его становления в России и Чувашии, а также особенности современных требований к объемно-планировочным решениям школьных учреждений в соответствии с нормативами СП 251.1325800.2016. Предложен проект школы в г. Чебоксары.*

Ключевые слова: *образовательное учреждение, школа, требования, планируемый проект школы в г. Чебоксары.*

TYPOLOGICAL ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF BUILDINGS OF GENERAL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

Abstract: *this article provides a typological analysis of school education, examines the main stages of its formation in Russia and Chuvashia, as well as the features of modern requirements for spatial planning solutions of school institutions in accordance with the standards of SP 251.13258.2016. The project of a school in Cheboksary is proposed.*

Keywords: *educational institution, school, requirements, planned school project in Cheboksary.*

Введение

Школьное образование играет важнейшую роль в формировании личности, социальной адаптации и профессиональной подготовке молодого поколения. Оно представляет собой систему, где через образовательные программы и педагогические практики учащиеся получают знания и навыки, необходимые для их развития и успешной интеграции в общество. Исторически школьное образование претерпело значительные изменения: от классических гимназий до современных образовательных учреждений с инновационными методиками и современным объемно-планировочным решением, отвечающим всем требованиям безопасности и комфорта.

Материал и методы исследований

Школы в России дают обучающимся общее образование. Школы, дающие только стандартный курс общего образования, именуются просто «средними школами», а школы, дающие углублённые знания по отдельным дисциплинам, либо вводящие в дополнение к обязательному курсу собственные дисциплины, могут именоваться иначе («школа с углублённым изучением предметов», «лицей», «гимназия»).

Обучение в государственных средних школах (в том числе школах с углублённым изучением предметов) официально является бесплатным. В последние десятилетия существования СССР школы также бесплатно снабжали учеников учебниками, сейчас в некоторых школах также бесплатно снабжают учебниками, в других приобретаются родителями.

Нормативные сроки освоения общеобразовательных программ по уровням общего образования:

– начальное общее образование – 4 года;

– основное общее образование – 5 лет;

– среднее общее образование – 2 года.

История школьного образования в России насчитывает несколько столетий и тесно связана с развитием государства, его культурными и социальными изменениями. Первые учебные заведения в России появились в домонгольский период, в монастырях, где обучали грамоте и основам религиозных знаний [1].

Зарождение образования на Руси. В 988 году князь Владимир Святославич издал указ: дети бояр должны учиться книжному делу. Так появилась школа под названием «Книжное учение». Впоследствии первые учебные заведения открылись при монастырях в Киеве, Новгороде, Смоленске, Суздале и Курске.

Позднее, в XVII веке, во времена реформ Петра I, были открыты первые специализированные школы для подготовки офицеров, инженеров и специалистов в различных областях.. Царь понимал, что в России необходимо развивать профессиональное образование. По его указу в 1701 году в Москве открыли Школу математических и навигацких наук. Туда принимали юношей из разных сословий в возрасте от 12 до 20 лет.

В XIX веке появилась система государственных учебных заведений. Одним из ключевых событий стало принятие Устава о народных училищах в 1804 году, который утвердил государственный контроль за системой образования и обозначил основные принципы начального образования. В это время также начали развиваться женские учебные заведения и специализированные гимназии. В 1764 году Екатерина II учредила Смольный институт, что сделало образование доступным не только для мужчин, но и для женщин. В программу обучения входили математика, иностранные языки, творчество.

Рис. 1. Школа математических и навигацких наук в Москве (1701)

Появление министерства народного просвещения и отмена крепостного права. В 1802 году Александр I учредил министерство народного просвещения. Оно определило направление развития образования. Одно из главных положений министерства говорило о том, что низшие ступени образования будут бесплатными и доступными для всех. В 1861 году, с отменой крепостного права, образование стало всесословным и доступным.

В советский период школьное образование стало доступным и обязательным для всех слоев населения. В 1918 году была введена единая система образования, включающая начальные, средние и высшие школы. Советская система школьного образования характеризовалась едиными стандартами обучения, акцентом на политическое воспитание и практико-ориентированное обучение. В этот период активно создавались новые школы, их число и вместимость быстро росли. В постсоветской России началась реформа системы образования, направленная на ее демократизацию и модернизацию, внедрение многоуровневой системы и новых учебных стандартов.

История современной школы начинается примерно с конца XX – начала XXI века. С 1997 года начали появляться «прообразы» ЕГЭ, а с 2001 года экзамен экспериментально вводился в разных уголках страны. В 2012 году принят закон «Об образовании», который действует и по сей день.

Развитие школьного образования в Чувашии имеет свою уникальную историю, которая началась в XIX веке, когда регион стал частью Российской империи. В 1868 году в Казани была открыта первая Чувашская учительская школа, сыгравшая важнейшую роль в подготовке первых чувашских учителей. Первые светские государственные учебные заведения – малые народные училища – были открыты в уездных городах Алатырь (1787), Чебоксары (1789), Ядрин (1791). С начала XIX в. на территории чувашского края в соответствии со школьным Уставом 1804 года начали

возникать приходские училища. Первым приходским училищем стала школа, открытая 10 августа 1807 года в селе Буртасы Цивильского уезда.

В 1870 году появилось первое чувашское народное училище, которое, наряду с учительской школой, стало основой для начального образования в регионе.

До революции в Чебоксарах были гимназии и училища. Так в двухэтажном каменном доме купчихи Забродиной, который находился на улице Чернышевского (бывшая Набережно-Архангельская), была женская гимназия (в этом здании после революции разместился Центральный Чувашский педтехникум; в 1931 году педтехникум переводится в Цивильск, а в здании размещается только что открытый Сельхозинститут; в 1934 году институт переезжает в новое здание, а в этом на долгие годы размещаются партийные курсы (партшкола) и в 1948 году даже надстраивается третий этаж; 1 сентября 1960 года здесь открывается восьмилетняя школа №15 с продлённым днём. И так до 1977 года) [2].

Первая женская прогимназия в Чувашии открыта в 1870 году в Алатыре, в 1906 и 1910 годах – в Ядрине и Цивильске. В 1910 году в Чебоксарах открылась женская гимназия, мужская начала работать в 1912 году.

В 1904 году в Чебоксарах открылась общеобразовательное учреждение с программой младших классов гимназии. В прогимназии было четыре класса, соответствовавших четырем младшим классам гимназии. Учреждались в городах, где не было гимназий. Имели право принимать экзамены на звание учителя начальной школы и первый классный чин.

Рис. 2. Чебоксарская женская гимназия –
открыто в 1908 на базе женской прогимназии, основанной в 1904 г.

В начале XX века развитие чувашских школ ускорилось. В 1917 году, после Октябрьской революции, советская власть приняла меры к созданию массовой сети образовательных учреждений на территории Чувашии. В 1920-х годах стали открываться школы, где преподавание велось на чувашском языке, что помогло сохранению национальной культуры и языка. Во второй половине XX века в Чувашии, как и в других регионах СССР, произошло массовое строительство школ, внедрение единых образовательных стандартов, развитие технической и спортивной инфраструктуры [3].

Современная система школьного образования в Чувашии, как и в целом по России, претерпела значительные изменения с переходом на новые стандарты и внедрением инновационных технологий. В республике большое внимание уделяется сохранению культурных и языковых особенностей, поддержке чувашского языка и культуры в образовательном процессе.

По последним данным, в Чувашии функционируют 329 дошкольных образовательных организаций (начало 2021; число воспитанников – 69,3 тыс. человек, 6118 педагогов), 413 школ (143,7 тыс. учащихся, 11 317 педагогов, в том числе 9645 учителей), 107 организаций дополнительного образования детей, из них 3 – государственные и 92 – муниципальные (19 в сфере образования, 44 в сфере культуры, 29 в сфере спорта).

Современные школьные учреждения строятся с учетом комплекса нормативов и требований, направленных на обеспечение безопасности, комфорта и максимальной функциональности образовательного пространства. В России на данный момент действует норматив СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций», который регламентирует объемно-планировочные и конструктивные решения для школьных зданий.

Результаты и проблематика

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [4–15].

Руководствуясь данным СП, нами выявлены следующие требования к объемно-планировочным решениям дошкольных учреждений: Основные требования, изложенные в СП 251.1325800.2016, включают.

1. Объемно-планировочные решения. Школы должны быть адаптированы для комфортного пребывания учащихся всех возрастных групп. Планировка должна учитывать возрастные особенности учащихся: разделение зон для младших и старших классов, наличие специальных учебных помещений, например, для занятий по химии, физике и информатике. Также необходимо предусмотреть помещения для творческого и спортивного развития.

2. Безопасность и эвакуация. Одним из ключевых аспектов проектирования школьных зданий является обеспечение условий для быстрой и без-

опасной эвакуации. Для этого устанавливаются требования к ширине коридоров, количеству и расположению эвакуационных выходов, а также к материалам, используемым в отделке.

3. Инклюзивность и доступность. В современных образовательных учреждениях должна быть создана безбарьерная среда, которая обеспечит доступ учащихся с ограниченными возможностями здоровья. Это включает наличие пандусов, лифтов, специализированных туалетов, поручней и других элементов инфраструктуры.

4. Экологичность и энергоэффективность. Современные требования предусматривают внедрение энергоэффективных технологий, что достигается за счет использования энергосберегающих систем освещения, теплоизоляции, систем рекуперации воздуха. Также рассматриваются вопросы естественного освещения и вентиляции.

5. Комфортная среда для обучения и отдыха. СП 251.1325800.2016 определяет требования к условиям освещения, вентиляции, акустическим характеристикам помещений, которые должны способствовать созданию благоприятного микроклимата в учебных и рекреационных зонах школы. В планировочной структуре заложен отход от привычной модульности школьных зданий с помощью разномасштабных помещений: от маленьких для индивидуальных занятий до лекционных аудиторий. Трансформируемые перегородки обеспечивают гибкость и адаптивность планировки под учебный процесс. Часть помещений предназначена для учебных занятий, а часть, включающая зоны рекреации с естественным освещением, после завершения учебного дня, доступна для посещения жителям соседних районов, что позволяет максимально использовать потенциал всего комплекса.

На основании этих требований нами была запроектирована общеобразовательная школа для средних и старших классов в городе Чебоксары. Здание представляет собой набор помещений, которые необходимы для благоприятного пребывания гостей, а также для удобной организации рабочего места врачей и персонала. Здание состоит из двух блоков (основного и спортивного), представляющих собой в плане форму параллелепипедов, с переменной этажностью.

Проект будет выполнен с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Внедрение ТИМ в образовательную среду является актуальной темой в настоящее время. ТИМ – это инновационный подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [16–23]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [24–33].

Рис. 3. Эскиз школы в г. Чебоксары

Заключение

При проектировании образовательных учреждений важно сбалансировать требования современного образования, обеспечивая безопасную и комфортную среду для обучающихся и преподавателей. Соблюдение этих рекомендаций станет основой для создания функционального, привлекательного и безопасного учебного заведения.

Актуальность строительства новых школьных учреждений в современных условиях является одной из приоритетных задач государственной политики в сфере образования. Это связано с рядом социальных, демографических и экономических факторов, которые требуют расширения и модернизации школьной инфраструктуры.

Список литературы

1. Щукина, Т. В. Образовательные учреждения в исторической парадигме развития России / Т. В. Щукина, Е. А. Гордиенко // Молодой ученый. – 2016. – №7.4 (111.4). – С. 42–44.

2. Егоров, Д. Е. История чувашской школы и педагогики в событиях и лицах / Д. Е. Егоров. – Чебоксары : Чувашия, 1998. – 360 с.

3. Ефимов, Л. А. Школы Чувашского края в XIX-XX вв. / Л. А. Ефимов. – Москва : РИЦ «Альфа» МГОПУ им. М.А. Шолохова, 2003. – 536 с.

4. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

5. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

6. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред–2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

7. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл–2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

8. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

9. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

10. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

11. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

12. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

13. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

14. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

15. Сакмарова Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

16. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

17. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

18. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

19. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

20. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

21. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

22. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

23. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

24. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – P. 222–226.

25. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

26. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

27. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю.А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

28. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

29. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях. материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

30. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

31. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

32. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

33. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Бахмисова Мария Алексеевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: masha_a94@mail.ru

Данилова Диана Даниловна – студент строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: diana_dibax@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Bakhmisova Maria Alekseevna – Senior Lecturer, Department of Architecture and Environmental Design, Associate Professor, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: masha_a94@mail.ru

Danilova Diana Daniilovna – student of I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: diana_dibax@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Типологический анализ развития зданий общеобразовательных организаций / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова, Д. Д. Данилова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 60–70.

Citation:

Sakmarova L. A. Typological analysis of the development of buildings of general educational organizations / L. A. Sakmarova, M. A. Bakhmisova, D. D. Danilova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 60–70.

УДК 721.011

ТИПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ

Л.А. Сакмарова,
А.М. Исаева
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассматривается типологический анализ многофункциональных общественных пространств как важный инструмент в проектировании современной городской среды. Проведен обзор исторического развития многофункциональных комплексов и выделены основные типы общественных пространств, включая культурные, образовательные, оздоровительные и развлекательные объекты. Особое внимание уделено функциональной структуре таких пространств и их значению для социальной, экономической и культурной жизни города. В качестве примера приведены спортивные комплексы в г. Чебоксары, которые интегрируют спортивные, образовательные и культурные функции, создавая пространства для общения и активного отдыха. Анализ показывает, что многофункциональные общественные пространства способствуют улучшению качества жизни горожан и социально-экономическому развитию городов.*

Ключевые слова: *многофункциональные общественные пространства, городская среда, типологический анализ, социальное взаимодействие, экономическое развитие, культурные пространства, оздоровительные комплексы, образовательные центры, социальная сплоченность.*

TYPOLOGICAL ANALYSIS OF MULTIFUNCTIONAL PUBLIC SPACES

Abstract: *the article examines the typological analysis of multifunctional public spaces as an essential tool in modern urban design. A review of the historical development of multifunctional complexes is presented, highlighting the main types of public spaces, including cultural, educational, wellness, and recreational facilities. Special attention is given to the functional structure of such spaces and their importance for the social, economic, and cultural life of cities. Sports complexes are provided as an example, integrating sports, educational, and cultural functions to create spaces for communication and active recreation in Cheboksary. The analysis shows that multifunctional public spaces contribute to improving the quality of life for city residents and the socio-economic development of urban areas.*

Keywords: *multifunctional public spaces, urban environment, typological analysis, social interaction, economic development, cultural spaces, wellness complexes, educational centers, social cohesion.*

Введение

Современные города всё больше нуждаются в общественных пространствах, которые способны выполнять множество функций и адаптироваться к изменяющимся потребностям населения. Такие пространства не только украшают городскую среду, но и обеспечивают площадки для социального, культурного и физического развития. Многофункциональные общественные пространства (МОП) – это комплексные структуры, которые сочетают в себе несколько типов активностей и могут быть использованы для различных целей [1]. Типологический анализ МОП позволяет понять их функциональные и структурные особенности, а также определить тенденции, которые играют важную роль в проектировании современных городских объектов.

Материал и методы исследований

Целью данного исследования является выявление основных типов МОП, их структурных особенностей, а также влияние этих пространств на городскую среду и общество в целом. Особое внимание будет уделено историческому развитию подобных комплексов и их современным адаптациям.

История общественных пространств насчитывает века, начиная с древнеримских форумов и рыночных площадей, которые выполняли одновременно торговую, общественную и культурную функции (рис.1, 2). В течение XX века городская архитектура начала активно развиваться, и однотипные пространства уступили место многофункциональным комплексам, таким как торговые центры, которые стали не только местами покупок, но и зонами для отдыха, развлечений и встреч [2].

В последние десятилетия стало ясно, что функциональное разделение пространств не всегда эффективно, и архитекторы всё чаще обращаются к интеграции нескольких функций в одном комплексе. Например, спортивные комплексы стали включать в себя оздоровительные, культурные и образовательные функции. Ярким примером является город Чебоксары, где спортивные объекты были перепрофилированы под многофункциональные спортивно-культурные комплексы, объединяющие в себе возможности для тренировок, культурных мероприятий и социальных встреч. Например, центр маунтинбайка (рис. 3), где проводятся различные соревнования по разным видам спорта, организовываются многочисленные секции и в центре имеется бассейн, который может посетить любой желающий.

Рис. 1. Римский форум

Рис. 2. Рынок Траяна в Риме

Рис. 3. Центр маунтинбайка г. Чебоксары

МОП можно разделить на несколько основных типов, каждый из которых имеет уникальные особенности, но при этом обеспечивает интеграцию различных функций [3].

1. Культурные пространства (музеи, театры, выставочные центры): такие комплексы включают зоны для проведения выставок, образовательные залы для мастер-классов, аудитории для лекций и семинаров. Они могут также выполнять роль общественных пространств, предоставляя посетителям зоны для общения и отдыха.

2. Образовательные пространства (библиотеки, учебные центры, коворкинги): современные библиотеки всё чаще становятся многофункциональными центрами, предлагающими зоны для работы, учебы, общения и проведения культурных мероприятий. Образовательные коворкинги объединяют зоны для индивидуальной и командной работы, а также пространства для проведения лекций и семинаров (рис. 4–6).

Рис. 4. Чувашский национальный музей

Рис. 5. Чувашская национальная библиотека
(снаружи и внутри соответственно)

3. Оздоровительные и спортивные комплексы: современные спортивные комплексы часто включают в себя залы для фитнеса, бассейны, медицинские кабинеты, зоны для йоги и медитации, а также образовательные пространства для проведения лекций и курсов по здоровому образу жизни (рис. 7).

Рис. 6. Физкультурно-оздоровительный комплекс в г. Чебоксары

4. Развлекательные и торговые пространства (торгово-развлекательные центры): они представляют собой один из самых востребованных типов МОП, предлагая своим посетителям торговые галереи, рестораны, зоны отдыха, игровые площадки, кинотеатры и залы для проведения мероприятий (рис. 8).

Рис. 7. ТРЦ «Мадагаскар» в г. Чебоксары

Результаты и проблематика

Многофункциональные общественные пространства играют значимую роль в улучшении городской среды и социального климата. Они способствуют социальному взаимодействию и создают места для общения, культурного и физического развития [4]. В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [5–16].

Влияние МОП на городскую среду можно рассматривать через следующие аспекты.

1. Экономическое влияние: многофункциональные пространства часто привлекают большие потоки людей, что способствует экономическому росту в прилегающих районах. Вокруг таких пространств обычно открываются кафе, магазины и другие сервисы.

2. Социальная польза: МОП объединяют людей разных возрастов и интересов, создавая площадки для общения и культурного обмена. В

условиях современной урбанизации это особенно важно для поддержания социальной сплоченности.

3. Эстетическое и культурное значение: такие пространства часто становятся важными архитектурными объектами города, которые влияют на его культурный облик и улучшают качество жизни горожан.

Проект будет выполнен с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Внедрение ТИМ в образовательную среду является актуальной темой в настоящее время. ТИМ – это инновационный подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [17–24]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [25–34].

Типологический анализ многофункциональных общественных пространств позволяет понять, как такие объекты могут быть эффективно интегрированы в городскую среду. МОП объединяют людей, служат центрами социального и культурного взаимодействия и стимулируют экономическое развитие. Они становятся важными элементами современной архитектуры, отвечая на вызовы плотной застройки, изменяющегося климата и растущих потребностей населения.

Заключение

В заключение, можно отметить, что создание многофункциональных общественных пространств должно стать приоритетом в проектировании городов будущего. Такие объекты позволяют гибко использовать пространство, создавать комфортные условия для различных категорий людей и гармонично вписываться в городскую среду.

Список литературы

1. Черных, М. Н. Градостроительное проектирование: от теории к практике / М. Н. Черных.

2. Глазачев, В. А. Архитектурное проектирование общественных зданий и комплексов / В. А. Глазачев.

3. Whyte, W. H. The Social Life of Small Urban Spaces.

4. Sennett, R. Building and Dwelling: Ethics for the City.

5. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

6. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

7. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред–2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

8. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл–2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

9. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

10. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

11. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

12. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

13. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

14. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

15. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

16. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

17. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

18. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

19. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

20. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

21. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

22. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

23. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

24. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл - 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары : Среда, 2020. – С. 47–54.

25. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – P. 222–226.

26. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

27. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

28. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю.А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

29. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование. сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина. под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

30. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях: материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

31. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

32. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

33. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

34. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Исаева Анастасия Максимовна – бакалавр строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: marvel_04@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Isaeva Anastasia Maximovna – bachelor of I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: marvel_04@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Типологический анализ многофункциональных общественных пространств / Л. А. Сакмарова, А. М. Исаева // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 71–79.

Citation:

Sakmarova L. A. Typological analysis of multifunctional public spaces / L. A. Sakmarova, A. M. Isaeva // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 71–79.

УДК 721.011

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ

Л.А. Сакмарова,
К.Р. Лентрова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассматривается процесс развития и возникновение центров творчества. В стадии разработки предложен проект центра для творчества в г. Чебоксары.*

Ключевые слова: *центр творчества, требования, планируемый детского сада в г. Чебоксары.*

HISTORY OF DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF ADDITIONAL EDUCATION OF CHILDREN

Abstract: *the article examines the process of development and the emergence of creative centers. A project of a center for creativity in Cheboksary is under development.*

Keywords: *creativity center, requirements, planned kindergarten in Cheboksary.*

Введение

Центр для творчества – это учреждение, которое предоставляет пространство и ресурсы для развития творческих способностей людей всех возрастов. Он предлагает разнообразные программы и мастер-классы, направленные на искусство, музыку, театр, литературу и другие направления. Основная цель центра – создать условия для самовыражения, обучения и обмена опытом между творческими личностями [1].

В центре проводятся выставки, концерты и выступления, что позволяет участникам делиться своими достижениями с широкой аудиторией. Также регулярно организуются творческие конкурсы и фестивали, стимулирующие интерес к различным видам искусства.

Материал и методы исследований

Центр для творчества способствует формированию сообщества, поддерживающего инновации и креативность, и тем самым играет важную роль в культурной жизни региона.

Современные проблемы развития досуговых и творческих центров в дошкольном и младшем школьном возрасте в России имеют свою специфику, основанную на истории развития таких центров, и разрешать эти проблемы необходимо при помощи изучения истории становления досуговых и творческих центров в России.

Развитие культурно-досуговой деятельности происходило одновременно с развитием общества, культурно-досуговая деятельность отвечала на исторические запросы общества. При этом нужно помнить, что культурно-досуговая деятельность детей и взрослых длительное время была едина, неразделима, так как детей считали своего рода «маленькими взрослыми».

Первые проявления коллективного творчества можно проследить в Древнем Египте и Древней Греции, где существовали художественные мастерские и театры. Эти места собирали людей для создания искусства, проведения спектаклей и обучения ремеслам.

В Древнем Египте первыми актёрами можно считать жрецов: исполняя ритуалы, они, по сути, играли роль, и знать её должны были без запинки. Жрецы надевали специальные костюмы, иногда маски.

В Древней Греции театральные представления были частью общественной жизни: трагедии и комедии играли на праздниках, посвящённых богу Дионису. Исполнение пьес, особенно трагедий, требовало мастерства, однако участники спектаклей не считали это занятие профессией и после окончания празднеств возвращались к повседневным делам.

Средние века возникли гильдии и цехи, которые обучали ремесленников и художников. Они стали центрами, где передавались знания и навыки, и где люди могли объединяться для совместной работы.

Ремесленные цехи были организациями ремесленников, объединённых общим видом производства. Они устанавливали правила касательно качества продукции, цен, а также обучения новых мастеров. Членство в цехе предоставляло привилегии и защиту от конкуренции [2].

Цехи художников принимали учеников в обучение, воспитывали их, делали из них мастеров и направляли их дальнейшую деятельность. Обучение в цеховых мастерских начиналось обычно в возрасте двенадцати лет. До XV века учение продолжалось шесть лет, позднее оно было сокращено до четырёх и даже до трёх лет.

Кроме того, мастерские часто располагались вместе, формируя ремесленные кварталы внутри городов. Это способствовало обмену опытом, идеями и материалами между ремесленниками.

Период Ренессанса стал ключевым моментом в развитии художественного творчества. В это время искусство впервые приобрело самоценность и стало самостоятельной областью прекрасного. Художник впервые рассматривался как самостоятельный и уважаемый профессионал, учёный и мыслитель, неповторимая индивидуальность.

Появление академий искусств как центров обучения и обмена идеями было связано с развитием образования в период Ренессанса. Школы стремились обучать молодое поколение в широком диапазоне предметов и дисциплин, включая античные языки (латынь и греческий), литературу, историю, философию и математику. Гуманистическая образовательная система, которая основывалась на идеях гуманизма, поощряла развитие всестороннего образования и запоминания знаний.

Одним из наиболее прогрессивных и известных центров образования Ренессанса была Флоренция, где создавались и развивались учебные заведения, такие как Университет Флоренции и Флорентийская Академия гуманитарных наук. Они собирали и привлекали лучших учёных и философов времени, чтобы проводить лекции и обучать студентов. Следуя идеалам гуманизма, они уделяли большое внимание гуманитарным наукам, литературе и искусству.

С развитием индустриализации и урбанизации в XIX–XX века появились новые культурные центры, в том числе художественные школы, музеи и галереи.

Технический прогресс создал условия для появления в культурной жизни книг, газет, журналов, фотографии, кино, радио, телевидения. Это позволило городской культуре перейти на уровень новых, особых представлений о пространстве и времени.

Центры для творчества начали выходить за рамки классического искусства и включать в себя новые направления. Например, художники начали активно разрабатывать индустриальный пейзаж, для точного изображения промышленных станков стала использоваться фотография.

Также появился новый вид искусства – художественное проектирование, что положило начало организации первых школ дизайна.

Технологии сыграли важную роль в развитии центров творчества в XX–XXI веках. Они открыли новые возможности для творчества и сотрудничества, предоставив доступ к оборудованию и ресурсам, которые ранее были недоступны в обычных условиях.

Например, в креативных хабах и арт-резиденциях можно реализовывать проекты любой сложности, не отвлекаясь на поиск необходимых инструментов. В творческих лабораториях с современным оборудованием проводятся совместные исследования и эксперименты, объединяющие науку и искусство. В коворкингах создаются рабочие пространства для стартапов и фрилансеров, где создаётся уникальная атмосфера, способствующая обмену знаниями и идеями.

Также цифровые технологии позволяют проводить семинары и мастер-классы с использованием цифровых и иных технологий, посвящённых искусствам, ремёслам и другим сферам.

Результаты и проблематика

Чувашский республиканский Дом народного творчества был создан 31 мая 1936 года постановлением Совета народных комиссаров Чувашской Автономной Республики. Он был направлен на сохранение и развитие народных музыкально-исполнительских, танцевальных, декоративно-прикладных традиций, а также поддержку массового хорового и театрального движения [3].

Рис. 1. Чувашский республиканский Дом народного творчества

В 1979 году путём слияния Республиканского Дома народного творчества и Методического кабинета культурно-просветительной работы Министерства культуры Чувашии был создан Чувашский республиканский научно-методический центр народного творчества и культурно-просветительной работы. Он действовал вплоть до 2004 года.

Ещё одним из первых центров творчества в Чувашии – новочебоксарский Центр развития творчества детей и юношества (ЦРТДиЮ). Он открылся в ноябре 1972 года как Дом пионеров. В первые годы в нём работали хоровой, танцевальный, радиомодельный кружки, изостудия. В 1991 году учреждение получило новое имя – Центр творчества детей и юношества [4].

Центр осуществляет образовательную деятельность по 85 дополнительным общеобразовательным программам. В нём обучается более 3800 человек.

Основной вид деятельности – реализация дополнительных общеобразовательных программ по направленностям: технической, естественнонаучной, физкультурно-спортивной, художественной, туристско-краеведческой, социально-педагогической.

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы

новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [5–16].

Рис. 2. Центр творчества детей и юношества

Сегодня в Чебоксарах 261 центров детского творчества.

Руководствуясь СП 460.1325800.2019 ЗДАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ, нами выявлены следующие требования к объемно-планировочным решениям центров творчества.

1. **Функциональность**: помещения должны быть адаптированы для различных видов творческой деятельности (музыка, изобразительное искусство, театральное искусство и т. д.). Это включает в себя наличие специализированных зон, таких как студии, мастерские, репетиционные помещения.

2. **Гибкость пространства**: пространства должны быть многофункциональными и легко трансформируемыми, чтобы можно было организовывать различные мероприятия, выставки, мастер-классы и т. д.

3. **Эргономичность**: учёт потребностей пользователей, включая комфортные условия для занятий, удобные рабочие места, хорошую акустику и освещение.

4. **Доступность**: обеспечение удобного доступа для людей с ограниченными возможностями, включая пандусы, лифты и достаточную ширину проходов.

5. **Эстетика**: дизайн помещений должен вдохновлять и способствовать творческой атмосфере. Это может включать использование ярких цветов, оригинальных форм и материалов.

6. **Безопасность**: все помещения должны соответствовать нормам безопасности, включая пожарную безопасность, а также учитывать возможные риски, связанные с творческой деятельностью.

На основании этих требований мною был придуман центр для творчества, который планируется проектировать в городе Чебоксары. Здание состоит из 6 блоков с переменной этажностью (от 1 до 2).

Рис. 3. Эскиз центра творчества в г. Чебоксары

Проект будет выполнен с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Внедрение ТИМ в образовательную среду является актуальной темой в настоящее время. ТИМ – это инновационный подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [17–24]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [25–34].

Заключение

Исходя, из вышесказанного можно сделать вывод, что проектирование детских центров дополнительного образования должно основываться на принципах безопасности, удобства и инклюзивности. Учитывая указанные требования, можно создать пространство, которое будет вдохновлять детей на обучение и развитие, поддерживая их интересы и потенциальные возможности.

Создание такого центра не только отвечает образовательным нуждам, но и способствует формированию общества, где ценятся творчество, индивидуальность и безопасность детей. Это подготавливает их к будущим вызовам, формируя устойчивую основу для их дальнейшего обучения и личностного роста.

Список литературы

1. Дуцев, М. В. Концепция архитектуры универсального Центра искусств: автореф. дис. … к. арх.: 18.00.01. Т. 1. – Нижний Новгород, 2005. – 24 с.

2. Иконников, А. В., Савицкий, Ю. Ю., Былинкин, Н. П., Хан-Магомедов, С. О. Архитектура капиталистических стран XX в. Т. 11 / под ред. А. В. Иконникова. – Москва : Издательство литературы по строительству, 1973. – 888 с.

3. Логинова, Д. В. История архитектуры / Д. В. Логинова // Сыктывкар : СЛИ, 2013. – 157 с. – URL: http://lib.sfi.komi.com (дата обращения: 30.10.2024).

4. Никитина, Т. А. Дворцы Советского периода / Т. А. Никитина// Технические науки в России и за рубежом: материалы IV междунар. науч. конф. – Москва : Буки-Веди, 2015. – С. 82–91.

5. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

6. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

7. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред–2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

8. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

9. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

10. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

11. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

12. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

13. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

14. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

15. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

16. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

17. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

18. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

19. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

20. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

22. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

23. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

24. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

25. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – С. 222–226.

26. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

27. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

28. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю.А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

29. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

30. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях: материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

31. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

32. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

33. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

34. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды,доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Лентрова Карина Руслановна – студент строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: Lentrovak@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Lentrova Karina Ruslanovna – student of I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: Lentrovak@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. История развития образовательных организаций дополнительного образования детей / Л. А. Сакмарова, К. Р. Лентрова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 80–89.

Citation:

Sakmarova L. A. History of development of educational organizations of additional education of children / L. A. Sakmarova, K. R. Lentrova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 80–89.

УДК 721.011

ТИПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФАСАДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Л.А. Сакмарова,
К.С. Михайлова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассматривается типологический анализ фасадов промышленных зданий, включающий в себя ознакомление с историей изменения фасадов промышленных зданий и современные примеры необычного оформления. Этот анализ может быть полезен для понимания эволюции промышленной архитектуры, а также для разработки новых проектов, учитывающих современные тенденции и требования.*

Ключевые слова: *фасады, завод, промышленные здания, современные тенденции, эстетика, архитектура, инновационные материалы и технологии.*

TYPOLOGICAL ANALYSIS OF FACADES OF INDUSTRIAL BUILDINGS

Abstract: *the article considers a typological analysis of facades of industrial buildings, including an introduction to the history of changing facades of industrial buildings and modern examples of unusual design. This analysis can be useful for understanding the evolution of industrial architecture, as well as for developing new projects that take into account current trends and requirements.*

Keywords: *facades, factory, industrial buildings, modern trends, aesthetics, architecture, innovative materials and technologies.*

Введение

Фасады промышленных зданий играют важную роль в формировании облика городов, выполняя защитные функции и являясь элементом архитектурной идентичности. В условиях стремительного развития технологий и изменения требований к промышленной архитектуре, фасады становятся объектом пристального внимания как со стороны архитекторов, так и со стороны инженеров. Современные фасады должны сочетать эстетику и высокие эксплуатационные характеристики, используя инновационные материалы для обеспечения энергоэффективности и безопасности.

Материал и методы исследований

Анализ фасадов поможет выявить архитектурные тенденции и адаптировать будущие сооружения к требованиям рынка и общества.

История развития облика промышленных зданий охватывает несколько ключевых этапов, каждый из которых отражает изменения в технологиях, материалах и архитектурных стилях.

1. **Промышленная революция (конец XVIII – начало XIX века)**. С началом промышленной революции появились первые фабрики, которые использовали паровые машины. Эти здания часто строились из кирпича и имели простую функциональную форму. Большие окна обеспечивали естественное освещение для рабочих [5; 7].

Рис. 1. Фабрика Коттон в Манчестере, Великобритания (1780-е)

2. **Начало XX века (1900–1940).** С внедрением конвейерного производства и новых технологий, таких как железобетон и сталь, здания стали более функциональными и просторными. Архитектура стала более рациональной, с акцентом на эффективность. Применение больших окон и открытых пространств стало стандартом [2].

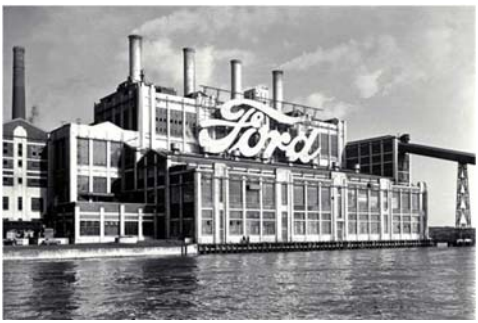


Рис. 2. Завод «Форд» в Дирборне, США (1913)

3. **Постмодернизм и деконструктивизм (1970-е – 2000-е)**. В это время архитектура стала более экспериментальной. Де-конструктивизм стал создавать впечатление фрагментации построенного здания, обычно характеризующегося отсутствием очевидной гармонии, непрерывности или симметрии [1]. Промышленные здания начали интегрироваться в городскую среду, становясь частью культурного ландшафта [4].

Рис. 3. Завод «Кока-Кола» в Атланте, США (1920-е)

4. **Современные тенденции (2000-е – настоящее время)**. Современные промышленные здания часто проектируются с учетом устойчивого развития и экологии. Используются инновационные материалы и технологии, такие как солнечные панели и системы рекуперации энергии. Архитектурное решение фасада завода «Тесла» в Фримонте, штат Невада, также привлекает внимание благодаря своему современному и функциональному дизайну. Завод был спроектирован с акцентом на эффективность и устойчивость. Его огромные размеры и минималистичный стиль отражают философию компании, направленную на инновации и экологическую ответственность [8].

Рис. 4. Завод «Тесла» в Фримонте, США (2010)

Рис. 5. Мусоросжигательный завод «Шпиттелау» в Вене

Результаты и проблематика

Благодаря интересным решениям фасадов, сейчас заводы нередко становятся достопримечательностью. Так, мусоросжигательный завод в Вене, известный как «Шпиттелау», стал не только функциональным объектом, но и архитектурной иконой. Его яркий фасад, оформленный в стиле постмодернизма, был спроектирован знаменитым австрийским архитектором Фриденсрайхом Хундертвассером [6]. Завод украшен цветными плитками, зелеными насаждениями и необычными формами, что делает его привлекательным для туристов и местных жителей.

Фасад завода по изготовлению стеклянной продукции выполнен в виде волнообразной структуры, что символизирует текучесть и легкость стекла, а также гармонично вписывается в окружающий ландшафт [3]. Архитектор этого чуда – Гильермо Хевиа (Guillermo Hevia).

Рис. 6. Завод по изготовлению стеклянной продукции Cristalchile в Чили

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [9–20].

В рамках учебного процесса разрабатывается проект одноэтажного промышленного здания, который предусматривает разработку объемно-планировочных и конструктивных решений с применением технологий информационного моделирования зданий (ТИМ).

ТИМ – это инновационный подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [21–28]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [29–38].

Заключение

Таким образом, фасады промышленных зданий не только выполняют свои традиционные функции, но и становятся важным элементом городской эстетики и идентичности. С течением времени, начиная с эпохи промышленной революции и до современных тенденций устойчивого развития, архитектура промышленных объектов претерпела значительные изменения. Эти изменения отражают не только технологический прогресс, но и изменяющиеся социальные и экологические требования.

Современные фасады, такие как у завода «Тесла» в Фримонте и мусоросжигательного завода «Шпиттелау» в Вене, демонстрируют, как промышленная архитектура может сочетать функциональность с эстетикой, становясь неотъемлемой частью городской среды. Они служат примером того, как инновационные материалы и дизайнерские решения могут преобразовать традиционные промышленные объекты в архитектурные достопримечательности, способствующие формированию положительного имиджа и повышению интереса к промышленной деятельности.

Исторические аспекты развития фасадов промышленных зданий демонстрируют, как архитектура адаптируется к изменениям в технологиях, экономике и обществе. Изучение этой эволюции позволяет лучше понять современные тенденции и предсказывать будущее промышленной архитектуры.

Список литературы

1. Дятков, С. В. Архитектура промышленных зданий и сооружений / С. В. Дятков. – Москва : АСВ, 2009. – 480 с

2. Вершинин, В. И. Эволюция промышленной архитектуры / В. И. Вершинин. – Москва : Архитектура-С, 2007. – 176 с.

3. Комплексы малых промышленных предприятий. Обзорн. инф. ГОСИНТИ / сост. М. С. Кривошеев – Москва, 1973. – 25 с.

4. Блохин, В. В. Композиция в промышленной архитектуре / В. В. Блохин. – Москва, 1977. – 52 с.

5. URL: https://deziiign.com/project/67eff3f3340740c7b29c3d73df10b41d

6. URL: https://realty.rbc.ru/news/577d24259a7947a78ce91b62

7. URL: https://www.masterclass.com/articles/industrial-architecture-guide

8. URL: https://www.techinsider.ru/technologies/364052-5-samyh-sovremennyh-zavodov-mira/

9. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – P. 49–54.

10. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

11. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

12. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

13. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

14. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

15. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

16. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

17. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

18. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

19. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

20. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

21. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

22. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88-93.

23. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

24. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

25. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

26. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

27. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

28. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл - 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

29. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – С. 222–226.

30. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л.А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

31. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л.А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

32. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю.А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

33. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

34. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях. материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

35. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

36. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

37. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

38. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Михайлова Кристина Сергеевна – бакалавр строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: kristina.mixajlova@gmail.com

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Mihailova Kristina Sergeevna – bachelor of I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: kristina.mixajlova@gmail.com

Sakmarova Larisa Alekseevna –Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Типологический анализ фасадов промышленных зданий / Л. А. Сакмарова, К. С. Михайлова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 90–97.

Citation:

Sakmarova L. A. Typological analysis of facades of industrial buildings / L. A. Sakmarova, K. S. Mihailova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 90–97.

УДК 721.011

АНАЛИЗ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ С ПРОЖИВАНИЕМ

Л.А. Сакмарова,
М.А. Бахмисова,
В.В.Петрова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассматривается поиск и анализ существующих зданий и сооружений, а также их проектов, с целью сбора предварительной информации для создания архитектурно-художественного фасада здания. Назначение здания – образовательное с местами отдыха. В качестве итога поиска и анализа разработан фасад в программе SketchUp.*

Ключевые слова: *анализ, образовательное учреждение, балконы-оранжереи, постоянное пребывание людей, место отдыха и ночлега.*

ANALYSIS OF RESIDENTIAL COMMUNITY EDUCATION CENTERS

Abstract: *the article considers the search and analysis of existing buildings and structures, as well as their projects, in order to collect preliminary information to create an architectural and artistic facade of a building. The purpose of the building is educational with recreation areas. As a result of the search and analysis, a facade was developed in the SketchUp program.*

Keywords: *analysis, educational institution, greenhouse balconies, permanent residence of people, a place of rest and overnight accommodation.*

Введение

Все большую роль в жизни любого современного человека играет образование, которое в настоящее время выступает как один из главных социальных институтов-регуляторов, влияющий на формирование воспитания, мировоззрения, интеллектуального и творческого развития индивида. Известно, что в Российской Федерации существуют несколько уровней образования: общее, профессиональное и дополнительное, где в последние года активно начало развиваться именно последнее, как для взрослых, так и для детей. К нему можно отнести различные школы, представляющие услуги по изучения иностранных языков, учреждения по развитию интеллекта и мелкой моторики у детей, IT, инженерные хореогра-

фические курсы, проведение конгрессов, профессиональных встреч, лекций и многое другое. Соответственно, для всего этого необходимо место, где приведенная, в качестве примера, деятельность осуществлялась.

Несмотря на стремление современного человека, обучится чему-то новому, почетное место в его жизни занимает отдых. По данным ВЦИОМ за 2023 год 35% граждан не брали отпуск. А популярная тенденция на рабочих местах «обучение без отрыва от производства» будет еще шире и активнее применяться в самые ближайшие года до 2027-ого. Данный факт взят из отчета World Economic Forum «Future of Jobs Report 2023» (Insight report, May 2023). Как итог, работникам все тяжелее будет справляться с нагрузкой по работе, так как помимо рабочих вопросов, им надо будет проходит обучение, а без отпуска это еще в разы сложнее.

Если провести поиск мест в Чувашской Республике, а именно в г. Чебоксары, где можно было бы провести образовательные мероприятия то к ним можно отнести конференц-залы при конгресс-отеле «Россия», коворкинг-центры «Names» и «Come-in». Они предлагают места различной вместимости, для различных целей. Однако в своей деятельности конгресс-отель «Россия» предлагает помимо проведения конгрессов, лекций, возможность остановиться на ночлег, при этом располагаясь неподалеку от центра г. Чебоксары, как остальные организации – такой возможности не имеют.

А что, если попробовать объединить обучение и отдых вместе и в результате получить сочетание приятного с полезным? Поэтому темой нашего исследования стал проект объекта, который бы сочетал в себе образовательную функцию с возможностью полноценного отдыха обучающихся с видом на р. Волгу, наличием небольших оранжерей-балконов, где предоставил бы людям, которые по ряду причин должны быть «на связи 24/7» такие условия, в которым данная работа их не отягощала.

Материал и методы исследований

Для этого на начальной стадии разработки были проанализированы существующие архитектурные формы в мире, а также выбраны кадастровые номера.

Ключевыми критериями стали: наличие поворотных объемных частей здания, простые усеченные формы, частичная озлённая кровля, возможно стилобат. В примерах дана, по возможности, краткая историческая справка, фотографии и информация того, на что было обращено внимание.

Во-первых, штаб-квартира регионального уровня телекоммуникационной компании Orange Telecommunications (рис. 1) берет свое начало с телефонной станции Lacassagne (строительство в 1972 г. архитектором Андре Гуттоном), расположенной в Лионе во Франции. В настоящее время штаб-квартира имеет три здания – одно – бывшее Lacassagne, два остальных – построенные совсем недавно. Новые здания имеют в своей форме срезан-

ные поверхности, формирующие объемы для офисных этажей с возможностью выхода на озелененные террасы. Выполнены по проекту Харделя ле Бихана (Hardel Le Bihan) и Юбера Годе (Hubert Godet). Идея наклонной крыши кроется в необходимости разгрузить видовой образ старого здания и освободить виды на окружающие жилые дома. Сообщение между зданиями осуществляется с помощью переходов. Фасад выполнен из алюминия медного цвета, а экзоскелет старого здания – из бетона.

Для себя выделила интересное решение эксплуатируемой кровли, с которой бы открывался красивый вид на р. Волгу, материал – алюминий, усеченная форма здания, остекленный первый этаж.

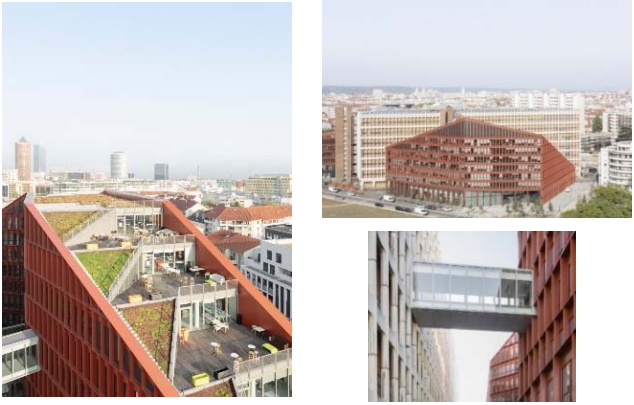


Рис. 1 Компания Orange Telecommunications

Во-вторых, XXL origami (рис. 2, 3) – жилой комплекс в районе Клиши-Батиньоль в Париже, Франция. Состоит из трехэтажных домов, семиэтажного здания и пятнадцатиэтажной башни. Спроектировано двумя архитектурными бюро Itar и Fresh. Стиль – современный авангард. Местоположение данного жилого комплекса привлекает тем, что имеет связи с парком Мартина-Лютера-Кинга, вид на Эйфелевою башню и холм Монмартр.

Привлекло внимание архитектурное решение пятнадцатиэтажного здания, в частности балконы. Зеленая оранжерея хорошо впишется в треугольную форму балкончиков, которые можно предусмотреть с остекленными с возможностью открытия окон или дверей в летний периоды.

Рис. 2. XXL origami

Рис. 3. Пример складывающихся окон и дверей

В-третьих, Brunswick Centre (рис. 4, 5) – жилой и торговый центр второго класса в Блумсбери, Камден, Великобритания. Был разработан архитектором Патриком Ходжкинсоном в 1960-ые гг. Стиль – модернизм. Первоначальная идея – частная застройка, которая являлась редкостью для Великобритании того времени. По задумке Патрика Ходжкинсона здание должно было иметь кремовый цвет, характерный для георгианского периода. Однако полностью задумку реализовать не получилось из-за ограниченного бюджета. Время брало свое: кровля начинала подтекать, многие магазины пустовали, соответственно это и способствовало тому, что район был непопулярен среди современников того времени. На протяжении нескольких лет разрабатывались проекты по реконструкции, многие были забракованы, но спустя года все же удалось начать данное мероприятие. Был сделан акцент на главную торговую улицу, витрины магазинов расширены, появились навесы из эластичной мембраны. В настоящее время данный

центр включает в себя 560 квартир, магазины различного назначения, кафе и рестораны, супермаркет Waitrose и кинотеатр Curzon.

Достоинства: ступенчатая резная форма, отсылки к монолитности, определенная воздушность всего объема здания, наличие открытых и закрытых террас, где можно было бы отлично разместить мини-оранжереи.

Рис. 4. Brunswick Centre до реконструкции

Рис. 5. Brunswick Centre после реконструкции

В-четвертых, референсы взятые из Pinterest (рис. 6), которые также могут послужить основой для создания архитектурного облика учреждения, в качестве проекта для выпускной квалификационной работы:

Рис. 6. Референсы из Pinterest

Результаты и проблематика

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [1–12].

На основе представленных примеров, были разработаны свои собственные фасады рис. 7, 9, 10. В начале исследования предполагалось, что главное, доминирующее здание будет иметь только образовательное назначение, а вокруг него, по территории предусмотрены одноэтажные дома (рис. 9). Но позже принято решение объединить учебный комплекс с местом проживания. Такой формат имеет свои преимущества: в холодный период года, людям не придется идти к месту ночлега через улицу, вместимость мест для проживания больше, из-за того, что одна из частей здания по высоте выше, чем другая, то с них открываются хорошие виды на р. Волга. Фасад моделей претерпел изменения от простого к сложному. Первая модель предполагает наличие одной оранжереи на каждом этаже, колоннаду с остеклением. Второй и третий – более активные по форме варианты, имеют членение всего здания на два объёма, объединены простой стилобатной частью.

Планируемая территория застройки 21:02:010104:117 – земли населенных пунктов для строительства оздоровительной базы отдыха 18 000 м^2 или 21:02:010104:313 – земли населенных пунктов – отдых рекреаций 19 291 м^2.

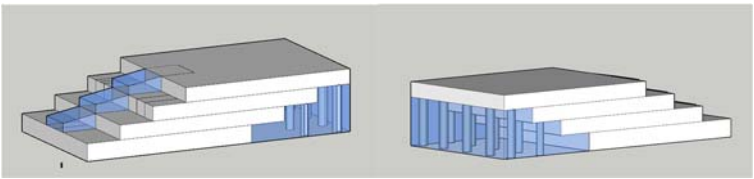


Рис. 7. Первый вариант

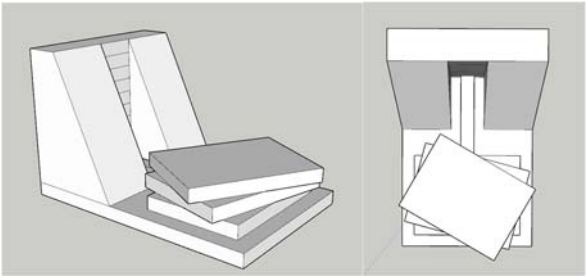


Рис. 8. Второй вариант

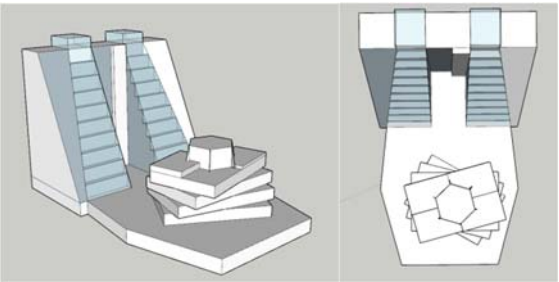


Рис. 9. Третий вариант

Проект будет выполнен с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Внедрение ТИМ в образовательную среду является актуальной темой в настоящее время. ТИМ – это инновационный подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [13–20]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [21–30].

Рис. 10. Примеры одноэтажных домов для проживания:
а – Центр гостеприимства в парке «Кудыкина гора»;
б – Ресторан Metasequoia Grove в деревне Шань Вань;
в – дом по проекту Филипе Сарайвой

Заключение

Таким образом, в качестве основного предварительного варианта архитектурного фасада здания для выпускной квалификационной работы выбран третий вариант, сочетающий в себе треугольные балконы-оранжереи, и приземистость форм, и их многогранность. По помещениям предполагается наличие большезальных и малозальных ячеек различной вместимости. По предварительным предположениям каркас – монолитный железобетонный безригельный. Ограждающие конструкции – вентилируемый фасад из алюминиевых панелей.

Список литературы

1. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

2. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

3. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

4. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // : Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

5. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

6. Петрова В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

7. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

8. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

9. Сакмарова Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

10. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

11. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

12. Сакмарова Л.А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

13. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

14. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

15. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

16. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

17. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

18. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

19. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

20. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

21. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – С. 222–226.

22. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

23. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

24. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю.А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

25. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

26. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях: материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

27. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

28. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

29. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

30. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Бахмисова Мария Алексеевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: masha_a94@mail.ru

Петрова Валерия Валерьевна – студент строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: petrova0377@yandex.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Bakhmisova Maria Alekseevna – Senior Lecturer, Department of Architecture and Environmental Design, Associate Professor, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: masha_a94@mail.ru

Petrova Valeria Valerievna – student of I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: petrova0377@yandex.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Анализ общественных образовательных центров с проживанием / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова, В. В. Петрова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 98–108.

Citation:

Sakmarova L. A. Analysis of residential community education centers / L. A. Sakmarova, M. A. Bakhmisova, V. V. Petrova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 98–108.

УДК 721.011

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ САНАТОРНО-КУРОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Л.А. Сакмарова,
П.А. Смирнова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация*: в статье рассматриваются современные тенденции в санаторно-курортно индустрии, включая развитие новых направлений и услуг, таких как: wellness-курорты, экосанаторий, SPA-процедуры, восстановление после стрессов и заболеваний. Эти направления отвечают на потребности современного общества в поддержании здоровья, улучшении качества жизни и восстановлении после физических и психологических нагрузок.*

Ключевые слова*: санаторно-курортный комплекс, wellness-курорты, экосанаторий, SPA-процедур.*

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SANATORIUM AND RESORT COMPLEXES

Abstract*: the article discusses current trends in the sanatorium and resort industry, including the development of new directions and services such as wellness resorts, eco-sanatoriums, spa treatments, and recovery programs for stress and illnesses. These trends address the needs of modern society for maintaining health, improving quality of life, and recovering from physical and psychological stress.*

Keywords*: sanatorium-resort complex, wellness resorts, eco-sanatoriums, spa treatments.*

Введение

Санаторно-курортная индустрия в последние годы переживает значительные изменения. С развитием технологий, увеличением интереса к здоровому образу жизни и ростом популярности wellness-подхода, традиционные санатории и курорты стали значительно трансформироваться, предлагая новые виды услуг и медицинских процедур.

Строительство и развитие санаториев в Чувашской Республике имеет несколько ключевых аспектов, которые делают это направление важным и актуальным как с точки зрения здравоохранения, так и с точки зрения экономики и туризма. Учитывая уникальные особенности региона, ресурсы и тенденции в сфере здравоохранения и отдыха, создание новых

санаториев является необходимым шагом для улучшения качества жизни населения и привлечения туристов.

Материал и методы исследований

Одной из наиболее заметных тенденций в санаторно-курортной индустрии являются wellness-курорты. Эти курорты фокусируются на комплексном подходе к здоровью, который включает не только лечение, но и улучшение общего состояния здоровья, восстановление энергетического баланса и гармонии в жизни.

Популярность wellness-курортов растет как среди молодежной аудитории, так и среди людей среднего возраста, заинтересованных в сохранении здоровья и продлении активной жизни. Такие курорты привлекают людей, которые стремятся не только избавиться от заболеваний, но и поддерживать физическую форму и ментальное равновесие [1].

Рис. 1. Горнолыжный курорт «Роза Хутор»

Рис. 2. Парк-отель «Дача Винтера»

В последние годы значительное внимание уделяется экологически чистым санаторно-курортным комплексам, называемым экосанаториями [2]. Эти курорты используют экологически безопасные технологии и материалы,

а также проводят лечение и отдых в природных условиях, что способствует не только оздоровлению, но и восстановлению связи с природой.

Нашим исследованием выделены особенности экосанаториев:

1) экологически чистая среда: здания, построенные из натуральных материалов, использование альтернативных источников энергии (солнечные панели, ветряные турбины), минимизация углеродного следа;

2) лечебные программы на основе природных факторов: использование природных минеральных вод, грязелечения, целебных трав, а также натуральных методов восстановления, таких как лесотерапия, обертывания из грязей и альпийский воздух;

3) питание из экологически чистых продуктов: акцент на органические продукты, местные фермерские продукты, отруби, ягоды, травяные чаи, мед и другие натуральные компоненты.

Экосанатории привлекают людей, которые стремятся избежать химической нагрузки на организм и ищут гармонию с природой. В последние годы такие курорты приобретают популярность в Европе и России, поскольку экотуризм и осознанное отношение к окружающей среде становятся важными трендами.

Рис. 3. Парк-отель «Сказка Алтая»

SPA-процедуры и эстетическая медицина – еще один важный тренд санаторно-курортной индустрии. Если раньше spa-сервисы сводились только к расслабляющим процедурам, то сегодня на курортах предлагаются полноценные программы восстановления и омоложения организма, включая использование новых технологий и подходов.

В последние годы spa-курорты становятся все более популярными как среди людей, стремящихся к восстановлению после заболеваний, так и среди тех, кто желает сохранить молодость и привлекательность на долгие годы.

Современные тенденции в санаторно-курортной индустрии демонстрируют серьезные изменения в подходах к оздоровлению и восстановлению здоровья. На первый план выходят новые подходы для привлече-

ния людей. Важно, что санаторно-курортные учреждения начинают восприниматься не только как места для лечения, но и как центры для профилактики, оздоровления и продления активного долголетия.

Результаты и проблематика

Чувашия активно участвует в программах государственного здравоохранения, включая реабилитацию граждан по полисам ОМС. Примерно 40-50% пациентов санаториев Чувашии пользуются услугами по ОМС .

Также в последние годы растет доля молодежи и работающих людей в санаторно-курортном обслуживании благодаря развитию программ wellness и профилактики стресса.

Развитие санаторно-курортной отрасли способствует: созданию новых рабочих мест в сфере здравоохранения, туризма и обслуживания; привлечению частных и государственных инвестиций в инфраструктуру региона; повышению доходов от туризма и улучшению финансовых показателей местных бюджетов [3].

Новые тенденции не только способствуют развитию туризма в Чувашии, но и поддерживают экономический рост региона, привлекая все слои населения, которые ищут качественные, экологичные и здоровьесберегающие услуги. С учетом растущего интереса к wellness и экотуризму, строительство современных и высококачественных санаториев в Чувашской Республике актуально как с точки зрения здравоохранения, так и с точки зрения экономики региона.

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [9–20].

Для проектирования санаторно-курортных комплексов в контексте функционально-типологической группы Ф3.4 (поликлиники и амбулатории) в соответствии с СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций», важно учитывать следующие основные требования к объемно-планировочным решениям.

1. Функциональное зонирование и размещение:

– санаторно-курортные комплексы должны быть разделены на функциональные зоны, каждая из которых должна обеспечивать комфорт и безопасность для пациентов, а также эффективное взаимодействие персонала;

– важной задачей является создание удобных маршрутов для пациентов и посетителей, исключающих пересечение потоков.

2. Размещение медицинских и терапевтических отделений:

– места для лечения и процедур должны быть размещены так, чтобы обеспечить легкий доступ и минимизировать время перемещения пациентов;

– лечебные кабинеты, процедурные, а также зоны отдыха для пациентов должны быть расположены в зависимости от их функциональной нагрузки, с учетом требований по безопасности и гигиене.

3. Обеспечение комфортных условий для проживания:

– комплекс должен включать комфортные жилые блоки для пациентов с учетом их нужд, таких как доступность санузлов, достаточность площади и качества освещения;

– требования к жилым помещениям зависят от типа лечебного процесса и продолжительности пребывания.

4. Учет санитарно-гигиенических норм:

– вся планировка и проектирование должны учитывать санитарно-гигиенические нормы, связанные с вентиляцией, освещением, температурным режимом, водоснабжением и водоотведением;

– важно также предусматривать удобные и безопасные условия для санитарной обработки помещений, особенно в лечебных зонах.

5. Обеспечение доступности и безопасности:

– все помещения должны быть спроектированы с учетом доступности для маломобильных групп населения (пандусы, лифты, широкие дверные проемы);

– оборудование должно быть безопасным, а все материалы, используемые в отделке, должны соответствовать стандартам по пожарной безопасности и экологии.

6. Эстетические и психологические аспекты:

– важно, чтобы проектирование учитывало психологические и эстетические факторы, способствующие лечению и восстановлению пациентов (например, использование природных материалов, наличие зеленых зон, естественного освещения и комфортных помещений).

7. Энергоэффективность и экологичность:

– комплексы должны соответствовать современным стандартам энергосбережения, быть экологически чистыми и экономичными в эксплуатации. Использование энергоэффективных технологий и материалов является обязательным.

8. Создание зон для обслуживания и обеспечения персонала:

– проект должен предусматривать отдельные помещения для медицинского и обслуживающего персонала, с обеспечением всех необходимых удобств для эффективной работы [4–7].

С учетом всех этих требований проектирование санаторно-курортных комплексов должно быть направлено на создание комфортной, безопасной и эффективной среды для пациентов, обеспечивая максимально благоприятные условия для их восстановления и лечения [8].

Проект будет выполнен с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Внедрение ТИМ в образовательную среду является актуальной темой в настоящее время. ТИМ – это инновационный

подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [21–28]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [29–38].

Заключение

Проектирование санаторного комплекса – это комплексная и многогранная задача, требующая внимательного подхода на каждом этапе. Тем не менее, желание создать условия, способствующие улучшению здоровья и комфорту людей, служит основным мотивом, который направляет весь процесс.[17–20] Усилия, направленные на поиск наиболее эффективных и удобных решений, в конечном итоге приведут к успешной реализации этого проекта в Чувашской Республике.

Список литературы

1. Горячев, В. И. Проектирование и строительство здравниц и курортов / В. И. Горячев, А. В. Семёнов. – Москва : Стройиздат, 1975.

2. Пучков, И. И. Проектирование здравниц и курортных комплексов / И. И. Пучков. – Москва : Архитектура-С, 2000.

3. Шаповалов, В. Л. Архитектура курортных и оздоровительных учреждений / В. Л. Шаповалов. – Москва : Стройиздат, 1991.

4. Захаров, Л. В. Эргономика в проектировании оздоровительных комплексов / Л. В. Захаров. – Москва : Стройиздат, 1992.

5. Лазарев, А. Н. Инженерные системы и оборудование здравниц / А. Н. Лазарев. – Москва : Энергия, 1986.

6. Баранов, С. И. Основы курортологии / С. И. Баранов. – Москва : Медицина, 1972.

7. Шмидт, Л. А. Экономика санаторно-курортных учреждений / Л. А. Шмидт. – Москва : Высшая школа, 1985.

8. СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 18 февраля 2014 г. № 58/пр)». – Москва : Минстрой России, 2014.

9. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

10. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

11. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

12. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

13. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

14. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

15. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

16. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

17. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

18. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

19. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

20. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023. сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

21. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

22. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

23. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

24. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

25. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

26. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

27. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

28. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

29. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – С. 222–226.

30. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

31. Сакмарова Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

32. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

33. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

34. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях: материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

35. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

36. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования Чувашской Республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

37. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

38. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Смирнова Полина Александровна – студент 4 курса строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: poly.smirnova2003@gmail.com

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Smirnova Polina Alexandrovna – 4th-year student of I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: poly.smirnova2003@gmail.com

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Современные тенденции в санаторно-курортной индустрии / Л. А. Сакмарова, П. А. Смирнова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 109–117.

Citation:

Sakmarova L. A. Current trends in the sanatorium and resort industry / L. A. Sakmarova, P. A. Smirnova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 109–117.

УДК 721.011

ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕНОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Л.А. Сакмарова,
К.А. Степанов
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассматривается история развития реновации в строительстве России и мира, проблемы реновации в Чувашии и предложение его решения на примере.*

Ключевые слова: *реновация, городская среда, современная архитектура, жилые пространства.*

HISTORICAL ANALYSIS OF RENOVATION IN CONSTRUCTION

Abstract: *the article examines the history of the development of renovation in construction in Russia and the world, the problems of renovation in Chuvashia and a proposed solution using an example.*

Keywords: *renovation, urban environment, modern architecture, living spaces.*

Введение

Термин «реновация» (от латинского renovatio) обозначает процесс обновления, улучшения или реконструкции. Он может использоваться как для объектов недвижимости в строительной сфере, так и для движимого имущества, например, в области машиностроения.

Материал и методы исследований

История создания реновации в строительстве охватывает несколько десятилетий и связана с различными социальными, экономическими и архитектурными изменениями. Вот основные этапы и моменты, связанные с развитием концепции реновации.

1. Поствоенные годы (1940-е – 1960-е): после Второй мировой войны многие города столкнулись с разрушениями и нехваткой жилья. В этот период началась активная реконструкция и восстановление городов, что стало основой для будущей реновации. В Европе, например, были созданы программы по восстановлению разрушенных районов.

2. 1970-е – 1980-е: в это время начали активно развиваться концепции сохранения исторического наследия. Архитекторы и градостроители начали осознавать ценность старых зданий и исторических районов, что привело к первому всплеску интереса к реновации. Появились первые проекты по реставрации и адаптации старых зданий для новых функций.

3. 1990-е: с окончанием холодной войны и началом экономических реформ в Восточной Европе возникла необходимость в обновлении устаревшей инфраструктуры. Реновация стала важным инструментом для улучшения городской среды и привлечения инвестиций. В это время также наблюдается рост интереса к устойчивому развитию и экологии.

4. 2000-е – настоящее время: реновация становится всё более популярной во всем мире. В современных мегаполисах наблюдается тенденция к превращению старых промышленных зон в жилые и коммерческие пространства [1].

В последние десятилетия многие страны начали разрабатывать государственные программы по реновации, направленные на улучшение жилищных условий, восстановление исторических зданий и развитие городской инфраструктуры.

В России программа реновации стала особенно актуальной в сфере жилищного строительства. Основные цели её реализации включают:

• комплексное развитие территорий;

• улучшение качества и комфорта городской среды, а также её внешнего облика;

• обновление старого и аварийного жилого фонда.

В России достаточно примеров реновации зданий и культурных объектов:

Рис. 1. ГЭС-2, Москва

ГЭС-2 – одна из старейших электростанций г. Москвы, выведена из эксплуатации, ныне культурный центр. Электростанция введена в эксплуатацию в 1907 году, она снабжала энергией отдельные объекты столичной городской инфраструктуры. Закрыта в 2006 году в связи с «физическим и моральным износом» и избыточной стоимостью производимой электроэнергии. В 2015 году продана с торгов главе ПАО «Новатэк» Леониду Михельсону под строительство современного дома культуры, после чего фонд современного искусства V-A-C Михельсона начал реконструкцию здания. 17 августа 2021 года объявлено о начале ввода объектов пространства в эксплуатацию. Открытие дома культуры «ГЭС-2» состоялось 4 декабря 2021 года.

Рис. 2. Новая Голландия, Санкт-Петербург

Новая Голландия – два рукотворных острова в дельте Невы. Они возникли в результате того, что в 1719 году между Невой и рекой Мойкой для нужд судостроителей были прорыты два канала. В 1732 году Адмиралтейство поручило архитектору Ивану Коробову построить сеть бассейнов (в частности, Адмиралтейский канал) и ряд складов по периметру острова для нужд судостроителей Галерной верфи. С 1805 до 1912 гг. комплекс достраивался и служил опытной установкой для кораблестроения.

После многочисленных архитектурных конкурсов 16 июля 2011 года, впервые почти за 300 лет, Новая Голландия открылась для посетителей. Все исторические здания к этому моменту находились на реконструкции. Для посетителей был постелен натуральный газон площадью 5000 м^2, а в нескольких морских контейнерах расположились магазины, кафе, галерея.

Рис. 3. Музей современного африканского искусства Цайца, Кейптаун, ЮАР

Реконструированный сейчас под новые нужды элеватор был построен в первой половине 1920-х; вплоть до 1990-х там хранили пшеницу, кукурузу, сорго и сою. При высоте в 57 метров сооружение из рабочей башни и 42 силосных корпусов хорошо заметно в ландшафте Кейптауна.

Новый музей общей площадью 9500 м^2 и высотой в девять этажей, кроме выставочных залов и атриума, включает в себя помещения Института костюма, центров фотографии, видео, кураторства, перформанса и художественного образования. Также там есть запасник, реставрационные мастерские, книжный магазин, читальные залы, бар и ресторан.

Рис. 4. Венские газометры, Австрия

Четыре впечатляющих сооружения, построенные в 1896 годах, которые много десятилетий служили хранилищем сжиженного газа, снова в центре внимания. Если раньше венские газометры считались самым грандиозным сооружением Европы, то теперь их превратили в оригинальное жилье, многофункциональные культурно-развлекательные центры, офисы и торговые площадки. Несмотря на то, что от индустриального прошлого остались лишь старинные формы фасадов и циферблат, который в старые добрые времена показывал давление газа, этот комплекс стал местом паломничества туристов. В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [2–13].

Результаты и проблематика

Также есть пример в Чебоксарах, снос ветхих двухэтажных домов по улице Богдана Хмельницкого:

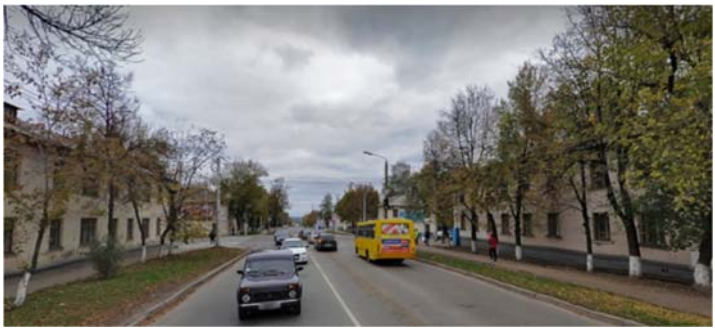


Рис. 5. Улица Б. Хмельницкого в 2010 году

Рис. 6. Улица Б. Хмельницкого в 2022 году

Темой нашего исследования стала реновация дома по адресу бульвар Купца Ефремова 6, находящиеся в самом центре Чебоксар, построенный в 1890 году, который нуждается в немедленной реставрации с сохранением фасада и переназначением главной функции здания – музей истории архитектуры Чувашии.

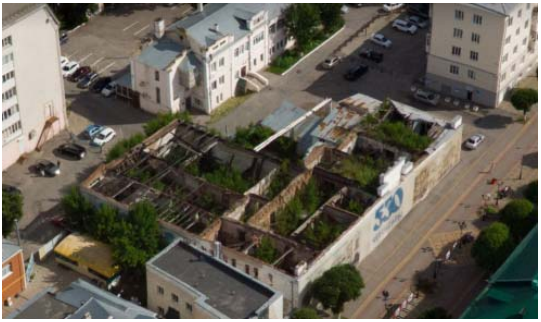


Рис. 7. Дом по адресу бульвар К. Ефремова 6

Проект будет выполнен с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Внедрение ТИМ в образовательную среду является актуальной темой в настоящее время. ТИМ – это инновационный подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [14–21]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [22–31].

Заключение

Таким образом, вопрос реновации стоит остро перед городом Чебоксары и нуждается в его решении.

Применение таких принципов реновации как сохранение исторического фасада, изменение функционала и оптимизация пространства, доступность и инклюзивность, применение энергосберегающих и инновационных технологий в здании общественного назначения в Чебоксарах может значительно повысить их функциональность, привлекательность и соответствие современным требованиям. Такой подход поможет создать комфортные и безопасные пространства для пользователей, а также улучшить качество городской среды, способствуя устойчивому развитию города.

Список литературы

1. Реновация городской среды: исторические прецеденты / отв. ред.-сост. И. А. Бондаренко; Научный совет по историко-теоретическим проблемам архитектуры и градостроительства Российской Академии архитектуры и строительных наук, Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства (Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» НИИТИАГ). – Москва; Санкт-Петербург : Архи.ру : Коло, 2021. – 333 с. ISBN 978-5-4462-0140-2

2. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

3. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

4. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

5. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

6. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

7. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

8. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

9. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

10. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

11. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

12. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

13. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

14. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

15. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

16. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

17. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

18. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

19. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

20. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

21. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

22. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – С. 222–226.

23. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

24. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

25. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

26. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

27. Сакмарова Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях: материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

28. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

29. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

30. Сакмарова Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

31. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Степанов Константин Алексеевич – студент строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: abrikowin@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Stepanov Konstantin Alekseevich – student of the construction faculty, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: abrikowin@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Исторический анализ реновации в строительстве / Л. А. Сакмарова, К. А.Степанов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 118–126.

Citation:

Sakmarova L. A. Historical analysis of renovation in construction /L.A. Sakmarova, K.A. Stepanov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 118–126.

УДК 721.011

ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Л.А. Сакмарова,
М.А. Бахмисова,
О.В. Токмакова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассматривается процесс становления, развития системы дошкольного образования в России. История строительства зданий дошкольных образовательных организаций на примере Чувашской Республики. В стадии разработки предложен проект детского сада в г. Чебоксары.*

Ключевые слова: *дошкольное образовательное учреждение, детский сад, требования, планируемый дошкольное образовательное учреждение в г. Чебоксары.*

HISTORY OF CONSTRUCTION OF BUILDINGS OF PRESCHOOL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS ON THE EXAMPLE OF THE CHUVASH REPUBLIC

Abstract: *the article examines the process of formation and development of the preschool education system in Russia. The history of the construction of buildings of preschool educational organizations on the example of the Chuvash Republic. A project for a kindergarten in Cheboksary is proposed at the development stage.*

Keywords: *preschool educational institution, kindergarten, requirements, planned preschool educational institution in Cheboksary.*

Введение

Возникновение системы дошкольного образования было вызвано определенными потребностями общества. Она является результатом длительного исторического опыта. Каждый этап предполагает ориентацию на идеи прошлого, а также взгляд в будущее.

Начало формирования и развития нормативного педагогического сознания показал анализ памятников русской литературы «Домострой», «Дворство обычаев добрых» (Е. Славинецкий). В работе были использованы труды по терминологическому анализу И.А. Хоменко, Н.С. Даведь-

яновой, М.М. Прокопьевой, Л.А. Грицай для определения понятия «семейное воспитание», а также работы педагогов XVIII в. Н.И. Новикова, В.Ф. Одоевского, XIX в. Н.В. Шелгунова, П.Ф. Каптерева, Л.Н. Толстого, Н.И. Пирогова, начала XX в. Н.К. Крупской и конца XX в. А.Ю. Гранкина для осуществления анализа значения семейного воспитания в истории становления дошкольной педагогики в России. Для понимания особенностей становления дошкольного образования, как самостоятельного направления научной мысли были рассмотрены работы В.Г. Белинского, К.Д. Ушинского, В.Ф. Одоевского, А.С. Симонович, Е.Н. Водовозовой.

Материал и методы исследований

На этапе становления советской системы дошкольного образования после революции 1917 г. значимыми стали работы Н.К. Крупской, П.Ф. Каптерева, Е.А. Флериной, Е.И. Радиной, Е.И. Тихеевой для осмысления особенностей развития дошкольного образования XX в [3].

Выбор временных рамок обусловлен, прежде всего, отсутствием на современном этапе целостного историко-педагогического анализа всей системы дошкольного образования от предпосылок ее зарождения до современных научных исканий в области развития дошкольного образования, по причине того, что не все этапы становления дошкольной педагогики считаются исследователями одинаково ценными для исторического опыта. Нижняя временная граница исследования (период Древней Руси) обусловлена предпосылками становления и развития дошкольного образования в России. Верхняя граница связана с реформированием дошкольного образования на современном этапе его развития. Дошкольное образование, как составная часть системы образования на различных этапах своего становления претерпевало значительные изменения. Поэтому следует отметить, что все рассмотренные периоды сопряжены с определенными социально-политическими, экономическими, историко-культурными изменениями в России: принятие христианства на Руси, оформление педагогики как самостоятельного научного направления, революционное и военное время, распад СССР, реформирование системы образования на современном этапе.

В первой половине XIX века в России не было специальных учреждений, в которых родители могли бы оставить детей, пока сами работают. Каждый находил свои способы справиться с этой проблемой. Первые приюты появились в Санкт-Петербурге под руководством писателя и благотворителя Владимира Одоевского, а затем распространились по всей России. Приюты создавались в городах и селах и были бесплатными, поэтому в них могли оставлять детей на время работы и городские рабочие, и крестьяне. В «Положении о приютах», созданном Одоевским, было сказано, что с детьми в приютах необходимо заниматься ручными работами, счетом, чтением – для этого Одоевский даже написал букварь.

Рис. 1. Первый приют под руководством В. Одоевского

Рис. 2. Первый детский сад Ф. Фребеля в Германии

В том же 1837 году, когда в России открывались первые приюты для приходящих детей, в Германии педагог Фридрих Фребель открыл первый «детский сад» – воспитательное заведение, которое облегчало матерям труды по воспитанию детей, когда они заняты по хозяйству. Детским садом это заведение называли по двум причинам: во-первых, Фребель в своих работах сравнивал детей с растениями, требующими тщательного ухода, во-вторых, рядом со зданием действительно был сад, в котором дети играли и знакомились с природой. О детских садах Фребель написал несколько книг, а также создал дидактические материалы и пособия по воспитанию детей. К концу XIX века детские сады, как частные, так и государственные, открылись в Европе, Америке и Японии.

В Российской империи первый детский сад открылся в 1859 году – в городе Гельсингфорсе, нынешнем Хельсинки. На территории современной России первый детский сад открылся в Санкт-Петербурге 27 сентября

1863 года. Учредительницей стала Софья Люгебиль, жена известного филолога Карля Люгебиля. Теперь именно 27 сентября в России отмечают день работников дошкольного образования.

История становления и развития дошкольного образования в Чувашии охватывает период с середины XVI до начала XX века [3].

На протяжении этого времени в Чувашии сохранялся приоритет семейного воспитания детей дошкольного возраста. В качестве вспомогательной формы воспитания выделяли стихийно складывающиеся летние детские площадки для присмотра за малолетними соседскими детьми под руководством какой-либо престарелой женщины. Наряду с семейным воспитанием функционировали различные формы стихийного общественного воспитания (общественные воспитатели, детская среда, летние детские площадки и др.). В конце XIX – начале XX веков под воздействием социальных явлений, экономического положения и общепедагогического развития в Чувашии сформировались предпосылки для становления и развития государственно-общественного дошкольного воспитания [2].

История становления детских садов в Чувашии начинается с открытия первого детского сада в деревне Усадки Чебоксарского уезда в 1918 году. Он просуществовал всего 2 месяца, так как матери не хотели отдавать своих детей в детские сады, боясь, что их заберут навсегда.

В 1919 году было открыто 24 детских сада, в 1920 году – 50 детских садов. В 1928 году состоялось открытие Канашского педагогического училища, выпуск первой единой программы воспитания детей в детских садах и выход первого номера журнала «Дошкольное воспитание».

С 1936 года началось строительство детских садов по типовым проектам, были приняты решения правительства о производстве мебели, оборудования, игрушек.

С конца 80-х годов XX века начинается процесс возрождения в Чувашии национальных детских садов как основы государственной системы образования в крае [1].

В 2008 году в республике функционировали 435 детских садов, 222 дошкольные группы при общеобразовательных школах, 172 группы кратковременного пребывания детей в школах и детских садах.

Руководствуясь СП 252.1325800.2016 ЗДАНИЯ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, нами выявлены следующие требования к объемно-планировочным решениям дошкольных учреждений.

1. Размещение помещений. Дошкольные группы разных видов по режиму пребывания и возрастному составу следует размещать обособленно друг от друга и от дополнительных и вспомогательных помещений ДОУ.

2. Размещение основных и дополнительных помещений. Они должны находиться только в наземной части здания. Подземные и цокольные этажи допускается применять только для размещения вспомогательных помещений.

3. Размещение помещений по этажам. С учётом класса конструктивной пожарной опасности здания:

• в подвальном или цокольном этаже без естественного освещения – вспомогательные подсобные помещения (в том числе хозяйственные кладовые и кладовые продуктов и овощей пищеблока), а также технические помещения (кроме электрощитовых);

• в цокольных этажах с естественным освещением – вспомогательные помещения (коммуникационные, технические, подсобные);

• на первом этаже или в едином блоке (с переходом, лифтом) с первого этажа в подвальные или цокольные этажи – вспомогательные помещения (коммуникационные, технические, подсобные);

• на первом этаже – помещения вестибюльно-входной группы, основные помещения дошкольных групп раннего возраста, помещения дошкольных групп кратковременного пребывания, медицинские помещения;

• на первом-втором этаже в едином блоке (с переходом, грузовым лифтом или подъёмником) – основные помещения пищеблока;

• не выше второго этажа и не далее 20 м от эвакуационного выхода – основные помещения дошкольных групп младенческого, раннего и предшкольного возрастов;

• на третьем этаже – основные помещения дошкольных групп старшего возраста, методические и учебно-кружковые помещения, вспомогательные административные помещения, физкультурные и музыкальные залы.

4. Для пищеблока объёмно-планировочные решения должны предусматривать последовательность технологических процессов, исключающих встречные потоки сырой и готовой продукции.

В Чувашии в 2021 году двери 321 детского сада были открыты для 66 тыс. воспитанников. В городской местности насчитывалась 201 организация, а в сельской – 120. Стоит отметить, в садах республики обеспеченность местами составила 94 ребенка на 100 мест.

В дошкольных учреждениях для укрепления здоровья подрастающего поколения функционировали 204 спортивно-физкультурных зала, 43 плавательных бассейна, 22 соляные пещеры. Для эстетического воспитания работали 346 музыкальных залов.

Для развития мелкой моторики и мышления малышей детские сады оснащены необходимым оборудованием. В среднем на одну организацию приходилось 7 магнитных досок, 2 бизиборда, 1 световой стол для рисования песком. Кроме этого привычной частью развивающей среды учреждений стали интерактивные доски и сухие бассейны.

Результаты и проблематика

Все активнее применяются современные технологии в обучении малышей. Более тысячи персональных компьютеров доступны для использования детьми.

В прошлом году в городах Чебоксары и Козловка для воспитания и образования юных жителей построены дошкольные учреждения на 520 мест.

Всестороннее развитие детей осуществляют педагоги дошкольного образования. В этой сфере в 2021 году трудились свыше 5 тыс. специалистов, среди них старшие воспитатели и воспитатели – 81%, музыкальные руководители – 7%, учителя-логопеды и дефектологи – 6%. Получается, что в среднем на одного педагога приходилось 12 воспитанников.

Высшее педагогическое образование имели 65% специалистов, менее трети – среднее профессиональное педагогическое. В прошлом году педагогические работники муниципальных дошкольных образовательных организаций получали в месяц в среднем около 30 тыс. рублей.

Детский сад является важным социальным институтом в жизни каждого ребенка, в котором он обретает не только первых друзей, но и мудрых, внимательных наставников.

На основании этих требований мною был придуман детский сад, который планируется проектировать в городе Чебоксары. Здание состоит из 11 отдельно-стоящих блоков с переменной этажностью (от 1 до 3), соединенных между собой общим коридором.

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [4–15].

Проект будет выполнен с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Внедрение ТИМ в образовательную среду является актуальной темой в настоящее время. ТИМ - это инновационный подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [16–23]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [24–33].

Рис. 3. Эскиз детского сада в г. Чебоксары

Заключение

Проектирование дошкольных учреждений требует комплексного подхода с акцентом на безопасность, функциональность, комфорт и возможности для развития. Следуя приведенным рекомендациям, таким как безопасность и здоровье детей, функциональное зонирование, адаптация к возрастным потребностям, естественное освещение и вентиляция, комфортные и инклюзивные пространства, гибкость и адаптивность пространств, можно создать качественное образовательное пространство, способствующее гармоничному развитию детей и удовлетворяющее потребностям их семей и сообщества.

Список литературы

1. Парфенова, О. В. История дошкольного образования в Чувашии / О. В. Парфенова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2017. – №3 (95). – С. 120–126. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-doshkolnogo-obrazovaniya-v-chuvashii

2. Крылова, В. С. Становление дошкольного воспитания в Чувашии / В. С. Крылова // Вопросы истории Чувашской АССР. Учёные записки ЧНИИ. Чебоксары. – 1970. – Вып. 52. – С. 266–267. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-doshkolnogo-obrazovaniya-v-dorevolyutsionnoy-chuvashii

3. Дианова, Н. Ф. Из истории становления и развития дошкольного образования в России / Н. Ф. Дианова // Науки об образовании. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-stanovleniya-i-razvitiya-doshkolnogo-obrazovaniya-v-rossii/viewer

4. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

5. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

6. Бахмисова М. А., Петров М. В., Сакмарова Л. А., Плотников А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

7. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

8. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

9. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

10. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

11. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

12. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

13. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

14. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

15. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

16. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

17. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

18. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022 – С. 16–22.

19. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

20. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А.Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

21. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

22. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

23. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

24. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – С. 222–226.

25. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

26. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

27. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

28. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

29. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях: материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

30. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

31. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

32. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

33. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Бахмисова Мария Алексеевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: masha_a94@mail.ru

Токмакова Ольга Владимировна – студент строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: olyyaola12@gmail.com

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Bakhmisova Maria Alekseevna – Senior Lecturer, Department of Architecture and Environmental Design, Associate Professor, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: masha_a94@mail.ru

Tokmakova Olga Vladimirovna – student of I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: olyyaola12@gmail.com

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. История строительства зданий дошкольных образовательных организаций на примере чувашской республики / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова, О. В. Токмакова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 127–136.

Citation:

Sakmarova, L. A. History of construction of buildings of preschool educational organizations on the example of the Chuvash Republic / L. A. Sakmarova, M. A. Bakhmisova, O. V. Tokmakova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 127–136.

УДК 721.011

СТРОИТЕЛЬСТВО ДВУХ ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ РЕЧНОГО ВОКЗАЛА НА ТЕРРИТОРИИ ПАССАЖИРСКОЙ ПРИЧАЛЬНОЙ СТЕНКИ г. ЧЕБОКСАРЫ

Л.А. Сакмарова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия
Д.Н. Федотова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия
ООО «Дизайн концепт групп»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассматривается история судоходства и процесс развития речного порта в городе Чебоксары. Предложен проект двух павильонов речного вокзала пассажирской причальной стенки.*

Ключевые слова: *речной порт, речной вокзал, причальная стенка, развитие туризма, реконструкция, водный транспорт.*

CONSTRUCTION OF TWO ONE-STORY BUILDINGS OF THE RIVER TERMINAL ON THE TERRITORY OF THE PASSENGER BERTH WALL OF CHEBOKSARY

Abstract: *the article examines the history of shipping and the development of the river port in the city of Cheboksary. A project of two pavilions of the river station of the passenger berth wall is proposed.*

Keywords: *river port, river station, berth wall, tourism development, reconstruction, water transport.*

Введение

Была поставлена задача, решающая масштабную реконструкцию порта, которая завершится к 2028 году. Разработка архитектурной концепции двух одноэтажных зданий речного вокзала по адресу Чебоксары, пл. Речников, д. 5 была поручена организации ООО «ДИЗАЙН КОНЦЕПТ ГРУПП». Необходимо создать многофункциональное общественное пространство с обеспечением комфортных условий для пассажиров и сотрудников.

Актуальность развития речного порта в Чебоксарах обусловлена ростом туристического потока, с которым порт не справляется из-за ограни-

ченной пропускной способности (сейчас он может одновременно принимать только 6 теплоходов). Также причиной для создания проектов послужило плохое состояние здания кассы, отсутствие залов ожидания.

Реконструкция поможет.

1. Улучшить пропускную способность. причальная стенка будет удлинена на 330 метров, что позволит одновременно принимать до 12 туристических теплоходов.

2. Создать новые туристические возможности. увеличение пассажиропотока приведёт к росту туристов и будет способствовать развитию речного туризма на Волге.

3. Повлиять на экономику региона. Увеличение пассажиропотока создаст новые возможности для местного бизнеса, связанного с туризмом, и для подрядчиков, участвующих в реконструкции порта.

4. Создать новые рабочие места. Это поддержит экономику региона и улучшит условия для логистических и туристических предприятий.

Материал и методы исследований

Чебоксары, расположенные на берегу Волги, имеют богатую историю судоходства. С семнадцатого века столица нашей республики была привлекательна для путешественников. Такие исторические личности, как немецкий учёный и путешественник Адам Олеарий, императрица Екатерина II, писатель А. Радищев и другие отмечали в своих записях красоту и самобытность Чебоксар, открывающуюся со стороны Волги. С течением времени Волжские водные «ворота» в город Чебоксары преобразились.

Положение города Чебоксары на речном пути из глубины России в Азию придавало ему характер пристани и определяло занятия его жителей, втягивая их в торговый оборот и давая возможность развиваться предпринимательству. Торговые суда поднимались по полноводной реке Чебоксарке, ныне скрытой водами залива, вплоть до верхнего ожерелья Чебоксарского залива [3].

Императорским указом в 1809 году была создана Российская экспедиция водяных коммуникаций. Вся транспортная сеть России была разделена на десять округов: Пристань Чебоксары с обширным поднадзорным участком Волги была отнесена к III водному округу.

В дореволюционное время в Чебоксарах насчитывалось семь пристаней. В начале XX в., после Октябрьской революции 1917 г. количество пристаней сократилось.

В 1930-е годы город ежедневно принимал по 10–12 пароходов. Тогда же у Чебоксарской пристани был плавучий речной вокзал, на котором находились буфет-ресторан, киоск, почта-телеграф, справочное бюро, каюта матери и ребенка (рис. 1).

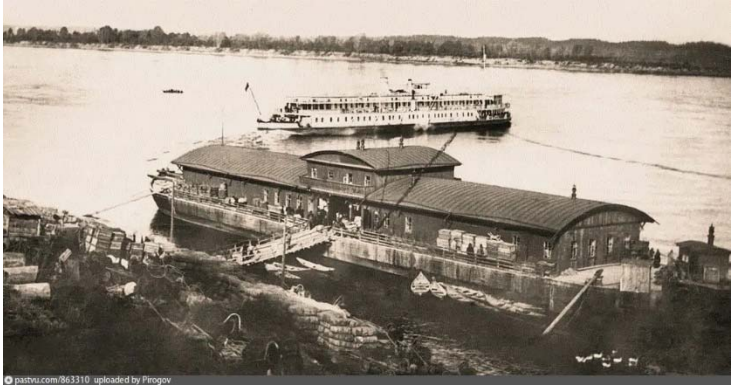


Рис. 1. Пристань 1925–1939, Чувашия, Чебоксары

В пятнадцатилетие Чувашской автономии Чебоксары получают из Нижнего Новгорода два пассажирских катера. Каждый катер вмещал в себя до 160 пассажиров. Через пять лет, за год до начала войны, речной флот столицы Чувашии пополнился самоходным паромом «20 лет ЧАССР». Она продержалась на плаву долго. Курсировала и много лет после войны.

Эти основные этапы работы речного перевоза предшествовали созданию Чебоксарской волжской флотилии. Речной флот в послевоенный период пополнился высокопроизводительными погрузо-разгрузочными механизмами, грузооборот речного транспорта превысил довоенный уровень. Пристань Чебоксары увеличила перевозку пассажиров в 20 раз.

В послевоенный период проект реконструкции Волги был в очередной раз переработан. Проектное задание на строительство ГЭС было рассмотрено и согласовано Госпланом СССР, Госстроем СССР и утверждено Советом Министров СССР, 22 января 1967 года. Эта дата и считается началом строительства Чебоксарской ГЭС. Затопление котлована ГЭС было произведено в 1980 г. К настоящему времени осталась нерешённой проблема пониженной отметки водохранилища. Уже тогда ученые-проектировщики предупреждали, что возникнет необходимость увеличения объема воды и поднятия уровня водохранилища до другой отметки.

У правого берега Чебоксарского водохранилища в г. Чебоксары выше гидроузла расположен Чебоксарский речной порт. Статус речного порта в составе Волжского объединённого речного пароходства пристань г. Чебоксары получила в 1968 г. В 1984 г. был заложен фундамент нового порта, но через четыре года стройку на набережной прекратили. И вернулись к этому проекту в 1992 г. Первоначальные планы возвести только новое административное здание речного порта трансформировались в грандиозную программу благоустройства набережной Волги и прилегающей к ней территории.

ОАО «Чебоксарский речной порт» создано путём выделения и преобразования в акционерное общество Чебоксарского речного порта Волжского объединённого речного пароходства. Основными видами деятельности предприятия являются грузовые и пассажирские перевозки, переработка грузов, добыча нерудных строительных материалов, услуги комплексного обслуживания флота.

Находясь в самом центре России, на берегах рек Волги и Суры, имея богатое культурное наследие и национальную самобытность, Чувашия располагает благоприятными условиями для развития туристской отрасли (круизный туризм) на теплоходах по великой водной артерии Европы – реке Волге. Комплекс сооружений речного порта является одной из ведущих концертно-развлекательных площадок города, где естественным оформлением сцены являются неповторимые заволжские пейзажи, панорама церквей, храмов, театров. Всё это привлекает население республики и гостей приятно провести время на территории Чебоксарской набережной.

Развитие речного порта является важным фактором для экономического роста города и региона. Это сложная задача, требующая комплексного подхода и сотрудничества различных заинтересованных сторон. Из-за ограниченности вместимости порта многие суда вынуждены проплывать мимо, и город теряет потенциальных туристов.

Результаты и проблематика

На основе технического задания и требований для зданий речных вокзалов нашей организацией были предложены два павильона. Первый павильон для причалов 1, 2, 3 (рис. 2), второй – для 4, 5 (рис. 3).

Рис. 2. Визуализация 1 павильона

Рис. 3. Визуализация 2 павильона

Руководствуясь Сводом правил СП 463.1325800.2019 «Здания речных и морских вокзалов. Правила проектирования» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 2 декабря 2019 г. №749/пр), нами выявлены следующие требования к объемно-планировочным решениям зданий:

– помещения зданий речных и морских вокзалов следует располагать согласно последовательности совершаемых пассажирами (посетителями) операций, при которой возвратные движения и массовое скопление пассажиров должны быть сведены к минимуму;

– для пассажиров прибытия следует предусматривать кратчайшие пути выхода к остановочным пунктам общественного и личного транспорта, минуя основные помещения зданий речных и морских вокзалов;

– здания речных и морских вокзалов включают помещения, необходимые для обслуживания пассажиров, обеспечения административных и технических функций, согласно приложению Д;

– залы ожидания должны быть связаны с вестибюлем, предприятиями общественного питания, выходами на причал;

– операционный, распределительный и кассовый залы допускается объединять в одном помещении с обеспечением его функционального зонирования [1];

– в зданиях речных и морских вокзалов необходимо предусматривать медицинский пункт по СанПиН 2.1.3.2630;

– диспетчерскую комнату следует размещать с возможностью наиболее полного обзора пассажирских причалов и, при необходимости, акватории морского или речного порта, в здании вокзала[4].

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [5–16].

На основании этих требований нами были запроектированы два павильона.

Проект выполнен с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Внедрение ТИМ в образовательную среду является актуальной темой в настоящее время. ТИМ – это инновационный подход к проектированию и строительству, основанный на создании трехмерной информационной модели здания или объекта, включающей в себя все его характеристики и параметры [17–24]. Овладев технологиями информационного моделирования, выпускник-бакалавр легче войдет в рынок труда, и приспособиться к любым новым требованиям, которые предъявит ему его профессиональная практика [25–34].

Экстерьер выполнен с общей концепцией зданий на территории речного порта и представляет собой остекленные здания высотой 4,6 метра. В плане они имеют волнообразную форму [2]. Первый павильон имеет размеры 102 метра в длину, 16 метров в ширину, второй павильон – 51 и 16 соответственно. Они включают в себя.

1. Контрольно-пропускной пункт, полицейский и медицинский участки, диспетчерскую комнату, камера хранения – для контроля за безопасностью на территории порта.

2. Касса и офисы – для продажи билетов и организации пассажирских перевозок.

3. Административные помещения – для управления портом и координации работы.

4. Сервисы для пассажиров – буфет, сувенирные магазины и зона ожидания.

Планировочные решения ещё будут дорабатываться. Существующие на данный момент планы представлены на рисунках 4 и 5.

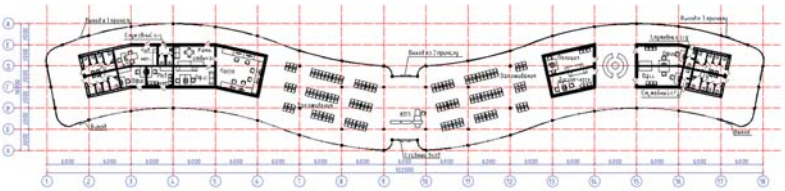


Рис. 4. Планировочное решение 1 павильона

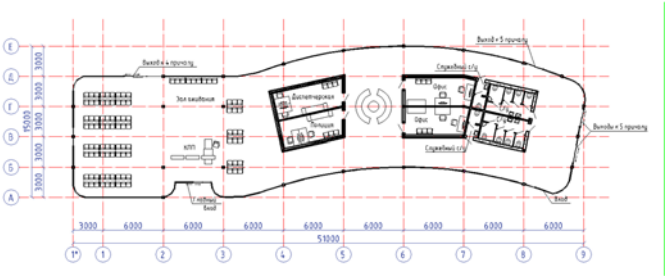


Рис. 5. Планировочное решение 2 павильона

Некоторые помещения имеют утепленный контур, что позволит использовать их в холодное время года с возможностью отопления. Стены будут выполнены из быстровозводимых сендвич-панелей полностью в санитарных узлах и в нижней части в зоне офисов. Остальная часть офисов будет выполнена из тонированного стекла и черного пояса из сэндвич-панелей для скрытия инжереных коммуникаций. Кровля будет выполнена из алюминия с текстурой под бетон на подобие проекту многофункционального центра архитектурной мастерской ATRIUM.

1 октября 2024 года в администрации города состоялось совместное заседание Градостроительного совета управления архитектуры и Градостроительного совета Минстроя Чувашии, где члены градостроительного совета активно поддержали наш проект (рис. 6). Надеемся, что в скором времени все смогут побывать в новом речном вокзале.

Рис. 6. Заседание Градостроительного совета г. Чебоксары

Заключение

Водный транспорт продолжает активно использоваться гражданами и организациями для выполнения разных пассажирских и грузовых перевозок. Полноценное использование данного транспорта обеспечивает речной порт.

Порт представляет собой специализированный терминал, расположенный на берегу реки, предназначенный для обслуживания пассажиров и пассажирских судов, причалов, устройства и приспособления для посадки, высадки пассажиров и их пребывания в ожидании судна, включающий служебно-вспомогательные здания и сооружения, портовые перегрузочные машины и оборудование для погрузки, выгрузки багажа, постельного белья, продовольственных и других грузов, подъездные пути смежных видов транспорта.

Благодаря реконструкции речного порта:

- Чебоксары смогут стать важным логистическим узлом, связывающим западные и восточные регионы России по водным путям;
- развитие круизного туризма на Волге может принести существенный доход городу;
- речные порты могут стать центром для перевалки грузов и сырья для различных отраслей промышленности;
- развитие водного транспорта может сократить транспортные выбросы и улучшить экологическую обстановку.

Важно помнить: развитие речных портов должно быть гармонично интегрировано в общую стратегию развития Чебоксар, учитывая экологические, социальные и экономические аспекты.

Список литературы

1.Свод правил СП 463.1325800.2019 «Здания речных и морских вокзалов. Правила проектирования»» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 2 декабря 2019 г. №749/пр) (с изменениями и дополнениями).

2. Хигер, Р. Я. Архитектура речных вокзалов / Р. Я. Хигер. – Москва, 1940.

3. Архивная версия сайта «Министерство транспорта и дорожного хозяйства Чувашской Республики» Историческая справка Чебоксарского речного порта.

4. СанПиН 2.1 3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

5. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

6. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

7. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

8. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

9. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

10. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

11. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

12. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

13. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

14. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

15. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

16. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

17. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

18. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

19. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

20. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

21. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

22. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

23. Сакмарова, Л. А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2023. – №10. – С. 56–62.

24. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

25. MİchaİIova, E., Sakmarova, L., Akhmetova, S., Andreeva, O. Aestheticization of the living environment as the basis of design activity of designers // International E-Journal of Advances in Education. – 2021. – С. 222–226.

26. Сакмарова, Л. А. Специфика подготовки выпускников специальности «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №2. – С. 270–275.

27. Сакмарова, Л. А. Деятельностно-компетентностный подход в условиях перехода на многоуровневую систему подготовки выпускников профиля «Проектирование зданий» / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2010. – №4. – С. 171–175.

28. Сакмарова, Л. А. Реализация профессионально-практической составляющей при подготовке выпускников строительного профиля / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина / под ред.: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2011. – С. 57–59.

29. Сакмарова, Л. А. Проблемы формирования довузовской системы непрерывного архитектурно-строительного образования / Л. А. Сакмарова // Университетское образование: сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. – 2012. – С. 325–326.

30. Сакмарова, Л. А. Организация самостоятельной работы студентов профиля «ПГС» на примере дисциплины «архитектура зданий» с использованием сдо "Moodle" / Л. А. Сакмарова // Организационно-методическое обеспечение образовательного процесса в современных условиях: материалы V Международной учебно-методической конференции. – 2013. – С. 95–99.

31. Сакмарова, Л. А. О необходимости использования системы дистанционного обучения "Moodle" в образовательном процессе на примере строительного факультета / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – 2014. – С. 518–522.

32. Сакмарова, Л. А. Особенности становления и развития региональной системы технического образования чувашской республики / Л. А. Сакмарова // Вестник Чувашского университета. – 2012. – №1. – С. 176–181.

33. Сакмарова, Л. А. Роль изучения компьютерных технологий на раннем этапе обучения студентов-дизайнеров / Л. А. Сакмарова, Е. Е. Степанова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 235–239.

34. Сакмарова, Л. А. Роль инженерных конкурсов при подготовке специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве / Л. А. Сакмарова, Е. А. Белова, С. А. Волков // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 229–235.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. каф. архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Федотова Дарья Николаевна – студент строительного факультета, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: fedotova.darya.03@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of Department of architecture and environment design, associate professor, candidate of pedagogical sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Fedotova Darya Nikolaevna – student of the Faculty of Civil Engineering of I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: fedotova.darya.03@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Строительство двух одноэтажных зданий речного вокзала на территории пассажирской причальной стенки г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова, Д. Н. Федотова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 137–147.

Citation:

Sakmarova L. A. Construction of two one-story buildings of the river terminal on the territory of the passenger berth wall of Cheboksary / L. A. Sakmarova, D. N. Fedotova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 137–147.

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 69.07

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.А. Белова,
А.Г. Николаева,
Е.Е. Степанова,
Л.А.Сакмарова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *объекты и конструкции изготавливаются из самых разнообраз ных материалов: бетона, железобетона, сталежелезобетона, фибробетона, стали, пластика, тканей. На них действуют нагрузки: ветровые, снеговые, сейсмические, температурные, от собственного веса, полезные, динамические, от давления грунтов, воды. Значительное влияние оказывают начальные дефекты и несовершенства. На работу оболочечных конструкций оказывает влияние солнечная радиация, коррозионные и реологические процессы, выветривание, технология строительства и др.*

Ключевые слова: *конструкция, оболочечные конструкции, железобетон, расчет.*

STRUCTURAL SOLUTIONS OF SHELL STRUCTURES

Abstract: *objects and structures are made of the most diverse materials: concrete, reinforced concrete, reinforced concrete, fibro concrete, steel, plastic, fabrics. They are affected by loads: wind, snow, seismic, temperature, from their own weight, useful, dynamic, from soil pressure, water. Initial defects and imperfections have a significant impact. Solar radiation, corrosive and rheological processes, weathering, construction technology, etc. influence the work of the building structures.*

Keywords: *construction, shell structures, reinforced concrete, calculation.*

Введение

Оболочечные конструкции дают простор для творческой фантазии. Возможности формообразования практически не ограничены. Как отмечал М. Санчес-Аркас, «железобетонные оболочки, складки и висячие покрытия, как новый тип конструкций, принадлежат к интереснейшим явлениям современного инженерного искусства».

Оболочечные конструкции позволяют разнообразить архитектурный

облик города, а сооружения с их применением могут служить символом города, например, водонапорные башни в ряде африканских стран [1–23].

Материал и методы исследований

Оболочки положительной гауссовой кривизны на прямоугольном плане. Пологими считаются оболочки, имеющие небольшой подъем над опорным планом при

$$f1 \le a / 5 \text{ и } f2 \le b / 5 , \quad (1)$$

где $2a$ и $2b$ – размеры стороны оболочки в плане; $f1$ и $f2$ – стрелы подъема оболочки на контуре (рис. 1).

Тип срединной поверхности характеризует форму оболочки.

В качестве срединной рекомендуется принимать поверхность переноса или вращения. Образующими для всех поверхностей в практике проектирования обычно принимаются круговые кривые.

Оболочки по контуру опираются на диафрагмы, которые выполняются в виде арок, ферм или балок, а также криволинейных брусьев, уложенных на стены или отдельно стоящие колонны, часто расположенные по периметру здания.

В зависимости от количества и расположения ячеек здания, оболочки могут проектироваться отдельно стоящими (одноволновыми) и многоволновыми в одном и двух направлениях. Многоволновые оболочки могут быть разрезными и неразрезными [1].

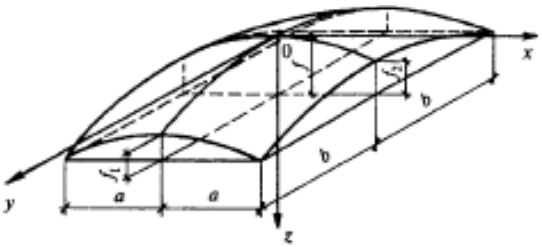


Рис. 1. Схема оболочки положительной гауссовой кривизны

Упрощенный расчет отдельно стоящей оболочки положительной гауссовой кривизны. В пологой оболочке возникает система усилий: нормальные N_1, N_2; сдвигающая S, поперечная Q силы, а также изгибающих M_1 , M_2 и крутящих $T_{1,2}$, $T_{2,1}$ моментов (рис. 2).

В зависимости от степени пологости, характера нагрузки и условий опирания по контуру, расчет пологих оболочек принципиально может производиться по безмоментной теории. Безмоментная теория с учетом изгибающих моментов, возикающих в опорной зоне (краевой эффект), может быть использована в предварительных расчетах шарнирно опертых оболочек при равномерно распределенной нагрузке.

Усилия в оболочке рекомендуется определять по формулам:

а) нормальные силы N1 в направлении оси x и N2 в направлении оси y по линии y = 0;

$$N_1 = -\frac{ql^2}{\delta}k_{N_1}; \qquad N_2 = -\frac{ql^2}{\delta}k_{N_2} \tag{2}$$

б) изгибающие моменты в направлении оси x по линии y = 0

$$M = ql^2 k_M \tag{3}$$

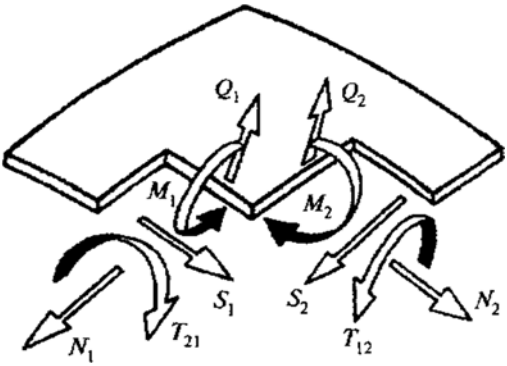


Рис. 2. Схема усилий в пологих оболочках

в) сдвигающие усилия по граням оболочки

$$S = -\frac{ql^2}{\delta}k_S \tag{4}$$

г) поперечные силы, действующие по граням оболочки

$$Q = qlk_Q \tag{5}$$

д) главные усилия, действующие в оболочке в направлении диа- гонали и нормально к ней

$$N_{ГЛ} = -\frac{ql^2}{\delta}k_{ГЛ} \tag{6}$$

где k_{N1}, k_{N2}, k_M, k_S, k_Q, $k_{ГЛ}$, – коэффициенты; δ – фиктивная толщина оболочки.

Односторонняя равномерно распределенная нагрузка заменяется комбинированной из симметричной и обратно симметричной нагрузок [2].

При обратно симметричной нагрузке моменты возникают не только на приопорных участках, но и в средней части оболочки у мест перепада нагрузок. Однако они носят условный характер, так как в действительности резкого перепада нагрузки в средней части оболочки нет. Вблизи контура оболочки возникает искажение безмоментного напряженного состояния, так как здесь действуют краевые изгибающие моменты и поперечные силы. Для приближенных расчетов принимается, что изгибное состояние оболочки имеет характер краевого эффекта и быстро зату-

хает по мере удаления от края оболочки. Зона действия изгибающих моментов распространяется не далее $(3\ldots4)S$ от края, где

$$S = 0{,}76\sqrt{R\delta} \tag{7}$$

Нагрузкой на диафрагмы оболочек является опорное давление, передаваемое по граням в виде сдвигающих сил S, касательных к срединной поверхности оболочки, обратных по направлению и равных по величине сдвигающим усилиям в оболочке, а также поперечные силы.

При расчете диафрагм, выполняемых в виде ферм, усилия собираются в узлы.

В оболочках с контурными элементами в виде криволинейного бруса, опертого на колонны, растягивающие усилия воспринимаются контурными брусьями и частично оболочкой, главные усилия к углам уменьшаются, а в местах примыкания к диафрагмам возникают значительные по величине отрицательные изгибающие моменты.

С достаточной для практики точностью усилия растяжения по контуру и усилия сжатия в средней зоне оболочки могут быть найдены из расчета без учета совместной работы оболочки с контурными элементами [4].

Расчет количества арматуры в угловой зоне оболочки и ее распределение вдоль диагонали рекомендуется производить после построения эпюры главных растягивающих напряжений в диагональном сечении. Затем оболочку рекомендуется разделить на участки, для каждого из которых по эпюре определить суммарное усилие, а по нему необходимое количество арматуры. На сдвигающие усилия проверяется количество арматуры у контура.

Результаты и проблематика

Конструирование оболочек. Пологие оболочки могут быть гладкими и ребристыми. Толщина и армирование средней зоны гладких оболочек, где действуют только сжимающие усилия, назначаются конструктивно. Минимальный диаметр применяемой арматуры принимается 3 мм. В пределах одного арматурного изделия (сетка, каркас) рекомендуется принимать не более 2–3 различных диаметров арматуры. Плиту в приконтурных и угловых зонах оболочки рекомендуется утолщать с целью размещения дополнительной арматуры и восприятия действующих усилий, увеличенных по сравнению с центральной зоной.

Утолщение оболочки вдоль контура целесообразно выполнять на всей ширине действия приконтурных изгибающих моментов с плавным переходом к постоянной толщине за зоной действия изгибающих моментов.

Толщина оболочки в угловой зоне выбирается по расчету при соблюдении условия, что главные растягивающие $\sigma_{\text{гр}} \leq 0{,}3R_b$, главные сжимающие $\sigma_{\text{гс}} \leq R_b$ или по конструктивным соображениям с тем, чтобы обеспечить размещение необходимого количества арматуры с учетом двух защитных слоев [3].

В приконтурных участках оболочки, в зоне действия изгибающих моментов, укладывается дополнительная арматура. Для восприятия растягивающих усилий, действующих параллельно контуру, у нижней грани оболочки на приопорных участках укладывается расчетная или конструктивная арматура.

Для восприятия главных растягивающих напряжений, действующих в угловых зонах, рекомендуется к основной арматуре добавлять косую, перпендикулярную диагонали плана [5]. В оболочках пролетом более 40 м эту арматуру рекомендуется выполнять предварительно напряженной. Вблизи углов оболочки эту арматуру рекомендуется заменять обычной.

В сборных оболочках габариты плит определяются требованиями обеспечения их экономичности по расходу материалов, унификации, технологичности изготовления, выбранного способа монтажа. По форме поверхности плиты могут быть плоскими, цилиндрическими или двойной кривизны. Для оболочек рекомендуется применять цилиндрические плиты, так как плиты двойной кривизны сложны в изготовлении, а плоские требуют повышенного расхода материалов.

При плоских плитах реальная поверхность представляет собой многогранник. В отечественной практике наибольшее применение нашли плоские плиты размером 3х3 м и цилиндрические размером 3х6 или 3х12 м. Плиты рекомендуется проектировать с контурными и промежуточными ребрами. В плитах размером 3х6 м рекомендуется принимать одно, а в плитах 3х12 м – два или три поперечных ребра.

Применяемая система ребер должна обеспечить прочность и жесткость плит в стадии транспортирования и монтажа, прочность и устойчивость оболочки в стадии эксплуатации, возможность устройства проемов для светоаэрационных устройств и подвесок для крановых путей. Толщина оболочки в угловых зонах обычно увеличивается. Однако для сборных оболочек введение нового типоразмера плит с утолщенной полкой и усиленным армированием часто оказывается экономически нецелесообразным. В этом случае утолщение плиты оболочки рекомендуется выполнять с помощью набетонки монолитного железобетона, укладываемого поверх сборных плит. При этом следует принимать необходимые меры для обеспечения сцепления старого и нового бетона. В пределах набетонки располагается дополнительная косая арматура, устанавливаемая по расчету.

Для более плавной передачи сдвигающих сил приопорные участки между оболочками над контурными элементами замоноличиваются на всю высоту панелей. На этом участке рекомендуется располагать металлические упоры, приваренные к контурным элементам и воспринимающие сдвигающие усилия.

Железобетонные контурные фермы могут иметь раскосную и безраскосную решетку. Для пролетов 18 и 24 м контурные элементы принимаются железобетонными, при больших пролетах целесообразно применять раскосные стальные фермы. Торцы взаимно перпендикулярных контурных ферм следует соединять между собой, в том числе сварными накладками для восприятия главных растягивающих усилий.

В оболочках с контурными элементами в виде криволинейного бруса, опертого на колонны, в контурных брусьях наряду с усилиями растяжения действуют изгибающие моменты, по характеру аналогичные изгибающим моментам в многопролетных неразрезных балках – в средней части пролета между колоннами наиболее растянута нижняя грань бруса, на участках у колонны – верхняя. Арматура по контуру определяется из расчета на внецентренное растяжение и может полностью размещаться в контурных брусьях [6].

Проектирование железобетонной оболочки является важным направлением в строительстве, которое сочетает в себе высокую прочность материалов, их долговечность, а также эстетические качества. Железобетонные оболочки обеспечивают создание сложных архитектурных форм, которые недоступны для традиционных строительных решений. Благодаря своему легкоизогнутому характеру, такие конструкции позволяют минимизировать использование материалов и, как следствие, снижают массу здания, что особенно важно для высоких и легких сооружений.

Одним из основных преимуществ железобетонных оболочек является их способность выдерживать большие нагрузки и противостоять внешним воздействиям, таким как ветровые нагрузки и сейсмические колебания. Это делает их особенно актуальными для строительства в регионах с неблагоприятными климатическими условиями и повышенной сейсмической активностью. Технологии армирования, применяемые в проектировании, способствуют увеличению прочности оболочек и их устойчивости к разрушениям.

Заключение

Основные рекомендации по проектированию оболочечных конструкций для зданий общественного назначения: важно учитывать материалы, форму, расчетные нагрузки, методы моделирования в программных комплексах, а также детали соединений и эксплуатационные характеристики.

Следуя этим рекомендациям, можно создать надежную и эффективную оболочечную конструкцию для зданий общественного назначения.

Список литературы

1. Леденев, В. В. Оболочечные конструкции в строительстве. Теория, проек тирование, конструкции, примеры расчета: учебное пособие для проектировщиков, бакалавров, магистров и аспирантов строительных специальностей / В. В. Леденев, А. В. Худяков. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 272 с.

2. Агапов, В. П. Метод конечных элементов в статике, динами ке и устойчивости конструкций: учеб. пособие / В. П. Агапов. – Москва : АСВ, 2004. – 248 с.

3. Александров, А. В. Строительная механика. Тонкостенные пространственные системы : учебник / А. В. Александров, Б. Я. Лаще ников, Н. Н. Шапошников; под. ред. А. Ф. Смирнова. – Москва : Строй издат, 1983. – 488 с.

4. Виноградов, Г. Г. Расчет строительных пространственных конструкций / Г. Г. Виноградов. – Ленинград : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 264 с.

5. Григорьев, И. В. Деформирование, устойчивость и колеба ния оболочечных конструкций : научное издание / И. В. Григорьев, В. И. Прокофьев, Ю. В. Твердый. – Москва : АСВ, 2007. – 208 с.

6. Канчели, Н. В. Строительные пространственные конструк ции : учеб. пособие / Н. В. Канчели. – 3-е изд. – Москва : АСВ, 2008. – 128 с.

7. Плотников, А. Н. Несущая способность железобетонных кессонных перекрытий с учетом пластических деформаций ребер / А. Н. Плотников // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия (Москва, 19–20 апреля 2016 г.) / под ред. А. Г. Тамразяна, Д. Г. Копаницы. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2016. – С. 348–353. – EDN VXXKQB.

8. Плотников, А. Н. Прочность и деформативность перекрёстно-ребристого перекрытия с учётом перераспределения усилий : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : дис. … канд. техн. наук / Плотников Алексей Николаевич. – Москва, 2013. – 268 с. – EDN SVAHAN.

9. Порфирьева, Е. Н. Методы предельного равновесия и главных напряжений для опертых по контуру перекрытий из конструкционного керамзитобетона / Е. Н. Порфирьева, М. Ю. Иванов, А. Н. Плотников // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : XXI Международная научная конференция: сборник материалов семинара «Молодежные инновации» (Москва, 25–27 апреля 2018 г.). – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 276–282. – EDN XRJUDZ.

10. Плотников, А. Н. Усилия пересекающихся изгибаемых железобетонных элементов при нелинейном изменении жесткости / А. Н. Плотников // «Лолейтовские чтения-150». Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора, автора методики расчета железобетонных конструкций по стадии разрушения, основоположника советской научной школы теории железобетона, основателя и первого заведующего кафедрой железобетонных конструкций Московского инженерно-строительного института (МИСИ) А.Ф. Лолейта (Москва, 30 ноября 2018 г.) / под редакцией А. Г. Тамразяна. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 346–350. – EDN VXRZDC.

11. Плотников, А. Н. Моделирование методом конечных элементов (МКЭ) железобетона при кручении с изгибом / А. Н. Плотников // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. – 2010. – Т. 6. №1-2. – С. 177–178. – EDN PZEWRL.

12. Иванов, М. Ю. Методы предельного равновесия и главных напряжений для опертых по контуру плит перекрытий / М. Ю. Иванов, Е. Н. Порфирьева // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. – 2017. – №5. – С. 36–37. – EDN YKZEEL.

13. Иванов, М. Ю. Испытание нагружением плит перекрытия из керамзитобетона, опертой по контуру / М. Ю. Иванов, Е. Н. Порфирьева // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2017. – №4. – С. 24–26. – EDN ZVHCOP.

14. Плотников, А. Н., Ежов, А. В., Сабанов, А. И., Иванов, В. А. Несущая способность повреждённых опертых по контуру железобетонных перекрытий // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции (Чебоксары, 20–21 ноября 2014 г.) / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – Чебоксары : Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 307–317. – EDN UMHLNL.

15. Плотников, А. Н. Определение взаимовлияния деформаций изгиба и кручения железобетонного перекрестно-ребристого перекрытия при мониторинге его возведения / А. Н. Плотников // Вестник МГСУ. – 2012. – №7. – С. 82–89. – EDN PDQTTH.

16. Авторское свидетельство № 1791572 А1 СССР, МПК Е04В 5/00, Е04В 5/08. Покрытие здания : № 4914319 : заявл. 26.02.1991 : опубл. 30.01.1993 / Р. Л. Айвазов, А. Н. Плотников ; заявитель Московский инженерно-строительный институт им. В.В.Куйбышева. – EDN LLUFMW.

17. Плотников, А. Н. Прочность и деформативность перекрёстно-ребристого перекрытия с учётом перераспределения усилий: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»: автореф. дис. … канд. техн. наук / Плотников Алексей Николаевич. – Москва, 2013. – 24 с. – EDN ZPBHAV.

18. Марозаите, И. Р. Применение керамзитобетона для несущих тонкостенных элементов панельных зданий / И. Р. Марозаите, П. А. Васильев, А. Н. Плотников // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы Всероссийской студенческой конференции: в 8 частях (Йошкар-Ола, 23–28 ноября 2015 г.). Ч. 5. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 123–124. – EDN VNQUTF.

19. Плотников, А. Н. Нелинейный расчет железобетонных перекрестно-ребристых перекрытий методом конечных элементов в диапазоне соотношений жесткости / А. Н. Плотников, Н. Г. Головин // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции (Чебоксары, 20–21 ноября 2014 г.) / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – Чебоксары : Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 177–186. – EDN UMHKDH.

20. Кузнецов, А. В. Деформации железобетонных перекрытий при физической нелинейности для назначения параметров мониторинга / А. В. Кузнецов, А. Н. Плотников // Сборник научных трудов молодых ученых и специалистов : Сборник статей. В 2-х частях. Ч. I. – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2021. – С. 46-52. – EDN ZPZJDL.

21. Плотников, А. Н. Обследование железобетонных перекрытий, образованных перекрестными ребрами с целью оценки их напряженно-деформированного состояния / А. Н. Плотников, А. В. Ежов, И. А. Сабанов // Предотвращение аварий зданий и сооружений. – 2011. – №1. – С. 2. – EDN VNGTUU.

22. Плотников, А. Н. Расчет кессонных перекрытий в пластической стадии / А. Н. Плотников // Архитектура. Строительство. Образование: материалы региональной конференции (Чебоксары, 30 июня 2015 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2015. – С. 66–72. – EDN XNDOFF.

23. Головин, Н. Г. Перераспределение усилий при деформации опертых по контуру перекрестно-ребристых перекрытий / Н. Г. Головин, А. Н. Плотников // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 14–15 ноября 2012 г.). – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2012. – С. 210–219. – EDN XMVTPN.

Сведения об авторах:

Белова Екатерина Андреевна – магистрант 2 курса строительного факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: katya.vitleykina@mail.ru

Николаева Анастасия Георгиевна – старший преподаватель кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: nag_sf@mail.ru

Степанова Елизавета Евгеньевна – ассистент кафедры архитектуры и дизайна среды ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: stepanova 885@mail.ru

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. кафедрой архитектуры и дизайна среды, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Belova Yekaterina Andreyevna – magistrant 2 kursa stroitel'nogo fakul'teta I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia, E-mail: katya.vitleykina@mail.ru

Nikolayeva Anastasiya Georgiyevna – starshiy prepodavatel' kafedry stroitel'nykh konstruktsiy I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: nag sf@mail.ru

Stepanova Elizaveta Evgenievna – Assistant at the Department of Architecture and Design of the I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: stepanova_885@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of the Department of Architecture and Environmental Design, Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Для цитирования:

Белова, Е. А., Николаева, А. Г., Степанова, Е. Е., Сакмарова, Л. А. Конструктивные решения оболочечных конструкций // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 148–156.

Citation:

Belova E. A. Structural solutions of shell structures / E. A. Belova, A. G. Nikolaeva, E. E. Stepanova, L. A. Sakmarova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 148–156.

УДК 694

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ

В.В. Васильева,
С.А. Волков,
Е.Г. Гоник
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье приведен анализ современных конструктивных систем многоэтажных деревянных зданий, выполнено сравнение зарубежного и отечественного опытов деревянного домостроения*

Ключевые слова: *деревянные конструктивные системы, многоэтажное строительство, несущий каркас, панели, ядра жёсткости, плиты перекрытия, балки, колонны.*

MODERN STRUCTURAL SYSTEMS OF MULTI-STOREY WOODEN BUILDINGS

Abstract: *the article provides an analysis of modern structural systems of multi-storey wooden buildings, a comparison of foreign and domestic experiences of wooden house construction is carried out.*

Keywords: *wooden structural systems, multi-storey construction, load-bearing frame, panels, cores of rigidity, floor slabs, beams, columns.*

Введение

Человек использовал дерево на протяжении тысячелетий в качестве строительного материала. Древесина как строительный материал получил всемирное признание, но преимущественно в северных регионах, где строительного леса было много. С изобретением железобетона дерево как строительный материал уступило лидирующие позиции. Прошло достаточно времени, когда традиционное использование дерева сохранялось в малоэтажном жилищном строительстве, а новые технологии клеёных конструкций коснулись пространственных конструкций в строительстве общественных сооружений зального типа и многоэтажных домов из древесины, что предсказывает очередной виток в развитии строительства из дерева.

Материал и методы исследования

Объект исследования: современное многоэтажное деревянное строительство.

Предмет исследования: современные конструктивные деревянные системы многоэтажных зданий.

Целью работы является поиск и анализ источников информации, содержащих данные о применении дерева для возведения конструктивных систем современных многоэтажных зданий. Рассмотрение существующих и проектируемых современных многоэтажных зданий, с конструктивными системами из дерева.

К современным деревянным конструктивным системам многоэтажных зданий можно отнести применение клеёных деревянных конструкций (КДК). В настоящее время в мире реализовано большое количество проектов многоэтажных зданий на основе КДК.

Рассмотрим конструктивные системы, применяемые при проектировании и строительстве многоэтажных зданий с применением КДК:

1) здания из массивных клеёных панелей. В данных зданиях в качестве несущих конструкций (продольные и поперечные несущие стены, «ядра жёсткости») используются CLT–панели. Пример: многоэтажное жилое здание Stadthaus (г. Лондон, Великобритания) (рис. 1);

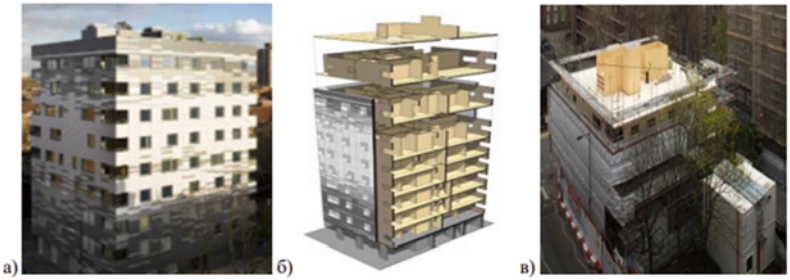


Рис. 1. Многоэтажное жилое здание Stadthaus (г. Лондон, Великобритания): а) общий вид, б) конструктивная система; в) возведение лестнично-лифтового узла из CTL-панелей

2) объёмно-блочные конструктивные системы применяются в зданиях, которые возводятся из объёмных элементов – заводских блоков-комнат (модулей) из клеёных панелей или каркасно-щитовых конструкций. Пример: 14-ти этажное жилое здание Treet (г. Берген, Норвегия) (рис. 2);

Рис. 2. 14–ти этажное жилое здание Treet (г. Берген, Норвегия): а) фасад здания, б) часть конструктивной системы; в) модули заводской готовности

3) деревянные здания с каркасной конструктивной системой – это здания, в которых принцип несущего пространственного каркаса, формируется с помощью стоек и балок. Пример: офисное здание GOOD WOOD PLAZA (д. Елино, Московская обл.) (рис. 3);

Рис. 3. Офисное здание GOOD WOOD PLAZA
(д. Елино, Московская обл.): а) модель здания, б) конструктивная система; в) опирание колонн на ж/б «основу» здания

4) деревобетонные конструктивные системы. В качестве несущих конструкций в них используются «ядра жёсткости», запроектированные в виде лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) и стоечно-балочный каркас. Данные ядра жёсткости придают зданию большую жёсткость, а также устойчивость к ветровым нагрузкам. Пример: 8–ти этажное здание общежития Brock Commons (г. Ванкувер, Канада) (рис. 4).

Рис. 4. 8–ти этажное здание общежития Brock Commons
(г. Ванкувер, Канада): а) фасад здания, б) конструктивная система; в) процесс строительства здания

5) конструктивная система CREE. Данная система предполагает использование плит перекрытия ребристой конструкции, в которых рёбра выполняются из деревянных клеёных балок, а плитная часть из бетона. Деревянные балки воспринимают изгибающие усилия, а бетонная полка придает жёсткость плите и способствует лучшей звукоизоляции, чем у полностью деревянного перекрытия. Пространство между продольными и поперечными рёбрами может использоваться для прокладки инженерных коммуникаций [3]. Пример: 8-ми этажное офисное здание Life Cycle Tower (г. Дорбирн, Австрия) (рис. 5).

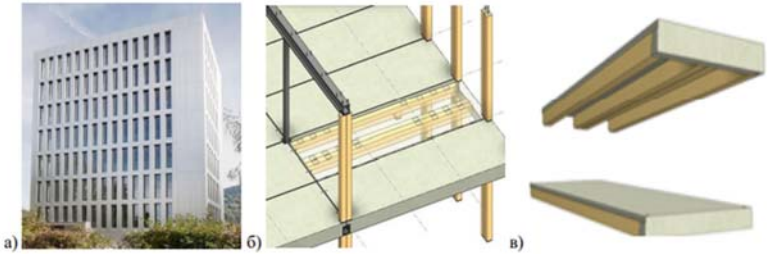


Рис. 5. 8-ми этажное офисное здание Life Cycle Tower (г. Дорбирн, Австрия): а) общий вид здания, б) часть конструктивной системы; в) ребристая деревобетонная плита перекрытия

6) конструктивная система Finding Forest Through Trees (FFTT) была предложена канадским архитектором Майклом Грином. В данной конструктивной системе в качестве несущих элементов используется «ядро жёсткости» и каркас из балок и колонн, которые соединены между собой. По балкам укладываются плиты, формирующие перекрытия.

7) к деревостальным конструктивным системам относятся здания, в которых сталь используется в качестве составляющей части, несущей системы. К зданиями с деревостальными конструктивными системами относятся здания с преднапряжёнными деревянно-стальными несущими конструкциями, здания со стальными узлами и раскосами, а также здания с конструктивной системой FFTT со стальными балками [4–7].

Преднапряжённые деревянно-стальные конструкции, используются для зданий, расположенных в сейсмоопасных районах, где они служат своего рода демпфером при восприятии сейсмических нагрузок.

Результаты и проблематика

К преимуществам использования многоэтажных конструкций из дерева можно отнести:

– хорошая теплоизоляция;
– огнестойкость;
– экологичность;
– сейсмостойкость;
– высокую скорость строительства;

– прочность и долговечность несущего каркаса;

– оптимизация стоимости квадратного метра (при серийном строительстве);

– стабильность геометрических размеров здания вне зависимости от колебаний температуры и влажности снаружи и внутри;

– возможность оперативно изменить внутреннюю планировку при желании заказчика.

Однако, существуют следующие недостатки:

– фланговая передача звука – передача звука не напрямую через разделительные элементы между источником и приёмником звука, а через пространства и элементы вокруг них;

– восприимчивость к огню. Деревянные высотки должны строиться в соответствии со строгими стандартами пожарной безопасности;

– подверженность образованию плесени и грибка. Это может стать проблемой, если здание не герметизировано и не обслуживается должным образом;

– восприимчивость к повреждению водой. Если не принять дополнительных мер, это может привести к проблемам с прочностью;

– невозможность выдерживать те же нагрузки, что и стальные или бетонные здания. Это означает, что деревянные высотки могут не подходить для некоторых типов строительства, например, для зданий, требующих использования тяжёлой техники или оборудования;

– высокая стоимость. Деревянные высотки обычно дороже, чем стальные и бетонные здания.

Большая часть древесины, которая используется в современном строительстве, применяется в качестве вспомогательного материала. Однако, изучая современные работы можно выделить явную тенденцию на использование древесины в качестве основного строительного материала. Использование древесины в высотном строительстве наблюдается в таких странах Европы, как Великобритания, Норвегия, Швейцария, а также в странах Северной Америки – в Канаде и США.

Примеры высотных деревянных зданий имеются и в России. Высотное деревянное строительство в РФ регламентируется следующими нормативами:

1) СП 451.1325800.2019 «Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования» [1];

2) СП 452.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования».

Согласно этим документам, допускается проектирование зданий с применением деревянных конструкций высотой до 28 метров [2].

Анализ исследуемой темы показал, что на данный момент сфера строительства сталкивается с недостатком современных конструктивных систем многоэтажных деревянных зданий. Эта проблема заключается в необходимости разработки инновационных решений, которые позволят использовать дерево в многоэтажном зодчестве как основной материал.

Современные конструктивные системы многоэтажных деревянных зданий представляют собой перспективное направление в архитектуре, обусловленное развитием технологий и экологическими требованиями. Россия обладает значительным потенциалом для развития деревянного зодчества благодаря богатым историческим традициям и обширным запасам древесины. Исследование мирового опыта и разработка инновационных технологий производства деревянных конструкций являются важными шагами для достижения высокого уровня экологичности и качества в строительстве.

Заключение

На основании проведенного анализа рекомендуется.

1. Инвестировать в исследования и разработки: продолжать исследования в области конструкционных материалов на основе древесины и методов их производства.

2. Поддерживать инновации: способствовать внедрению инновационных технологий в строительство многоэтажных деревянных зданий.

3. Обучать специалистов: организовывать курсы и тренинги для специалистов в области деревянного строительства.

4. Развивать инфраструктуру: улучшать инфраструктуру для производства и обработки древесины.

5. Продвигать проекты: активно продвигать проекты многоэтажных деревянных зданий, чтобы показать их преимущества и возможности.

Список литературы

1. СП 451.1325800.2019 «Здания общественные с применением деревянных конструкций» // Минстрой России. – 2020. – 20 с.

2. СП 452.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования» // Минстрой России. – 2020. – 53 с.

3. Технология CREE SYSTEM. – URL: https://www.creebyrhomberg.com/en/ (дата обращения: 10.11.2024).

4. Афонин, В. С. Подходы к типологизации конструктивных систем многоэтажных деревянных зданий / В. С. Афонин // Архитектон: известия вузов. – 2019. – №1 (65) . – URL: http://archvuz.ru/2019_1/4 (дата обращения: 05.11.2024).

5. Иванов, В. А. Композиционные материалы как средство восстановления несущей способности строительных конструкций / В. А. Иванов, В. Н. Федоров // Сборник научных трудов молодых ученых и специалистов / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова». – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2011. – С. 211–213. – EDN YQDBAT.

6. Федоров, В. Н. Автоматизированные средства расчета строительных конструкций армированных неметаллической арматурой / В. Н. Федоров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 14–15 ноября 2012 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2012. – С. 131–132. – EDN XMVULJ.

7. Антипов, А. А., Жестков, М. Н., Иванов, В. А., Фролова, И. А. Численное моделирование изгиба густо перфорированных пластин // Проблемы прочности и пластичности. – 2015. – Т. 77. №4. – С. 360–368. – EDN VHFWPT.

Сведения об авторах:
Васильева Виктория Владимировна – ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: v.v.vasileva.2002502301@mail.ru
Волков Сергей Александрович – ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: Vs.013@yandex.ru
Гоник Екатерина Григорьевна – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: katya.gonik@mail.ru

Vasilyeva Victoria Vladimirovna – I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: v.v.vasileva.2002502301@mail.ru
Volkov Sergey Alexandrovich – I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: Vs.013@yandex.ru
Gonik Ekaterina Grigoryevna – candidate of engineering sciences, Associate Professor of the I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: katya.gonik@mail.ru

Для цитирования:
Васильева, В. В. Современные конструктивные системы многоэтажных деревянных зданий / В. В. Васильева, С. А. Волков, Е. Г. Гоник // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 157–163.
Citation:
Vasilyeva V. V. Modern structural systems of multi-storey wooden buildings / V. V. Vasilyeva, S. A. Volkov, E. G. Gonik // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 157–163.

УДК 624.44:539.376

ПРИМЕРЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА БЫСТРО НАРАСТАЮЩЕЙ ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА

П.П. Гайджуров,
Э.Р. Исхакова,
Н.А. Савельева
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, Россия
Зу Би Ти Брис Робин
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»,
г. Новочеркасск, Россия

Аннотация: *в качестве математического аппарата для моделирования процесса длительного деформирования железобетонных конструкций применен метод конечных элементов в сочетании с шаговой процедурой численного интегрирования по временной координате результирующего операторно-матричного уравнения. Программный код реализован на базе вычислительной платформы Microsoft Visual Studio и компилятора Intel Parallel Studio XE с встроенным текстовым редактором Intel Visual Fortran Composer XE. Процессы хранения и обработки рабочих массивов реализованы в терминах разреженных матриц. Для визуализации результатов расчетов использована дескрипторная графика компьютерной системы Matlab. Все вычислительные эксперименты выполнены с помощью авторизированного комплекса Polygon. В задачи исследования входит оценка точности предлагаемой методики анализа длительного деформирования железобетонных конструкций при различных способах внешнего силового воздействия.*

Ключевые слова: *метод конечных элементов, ползучесть бетона, железобетонные балочные конструкции.*

EXAMPLES OF FINITE ELEMENT MODELING REINFORCED CONCRETE STRUCTURES TAKING INTO ACCOUNT THE EFFECT RAPIDLY INCREASING CREEP OF CONCRET

Abstract: *as a mathematical tool for modeling the process of continuous deformation of reinforced concrete structures, the finite element method was used in combination with a step-by-step procedure for numerical integration according to the time coordinate of the resulting operator-matrix equation. The program code is implemented on the basis of the Microsoft Visual Studio computing platform and the Intel Parallel Studio XE compiler with the built-in Intel Visual Fortran Com-poser XE text editor. The processes of storing and processing working arrays are implemented in terms of sparse matrices. The descriptive graphics of the Matlab computer system were used to visualize the calculation results. All computational experiments were performed using the authorized Polygon complex. The objectives of the study include assessing the accuracy of the proposed methodology for analyzing the long-term deformation of reinforced concrete structures under various methods of external force action.*

Keywords: *finite element method, creep of concrete, reinforced concrete girder structures.*

Введение

В настоящее время проектирование многоэтажных и высотных зданий из монолитного железобетона базируется на рамно-связевой конструкционной схеме, позволяющей в известной степени обеспечить «живучесть» здания в случае прогрессирующего (лавинообразного) разрушения. Расчет на прочность строительных конструкций из монолитного железобетона базируется на применении метода конечных элементов (МКЭ) в форме метода перемещений. Общеизвестно, что данный подход может быть использован для математического моделирования широкого круга задач статики и динамики, включая решения с учетом геометрической и физической нелинейностей. Однако, не смотря на мультифизичность таких лидирующих автоматизированных программных комплексов, как ANSYS и ABAQUS, они не позволяют исследовать поведение изгибаемых железобетонных конструкций при длительном деформировании с использованием наследственных функций ползучести бетона [1]. Это обуславливает актуальность проблемы разработки методики конечно-элементного моделирования, реализующей механико-математическую модель упруго-ползучего тела, позволяющую учитывать эффект быстро нарастающей ползучести бетона в момент приложения эксплуатационной нагрузки.

Материал и методы исследований

В МКЭ в форме метода перемещений зависимость между напряжениями и деформациями записываем в форме закона релаксации

$$\sigma(t) = E(t)\left[\varepsilon(t) - \int_{\tau_0}^{t} U(t,\tau)\,\varepsilon(\tau)\,d\tau\right],$$

где $U(t,\tau)$ – мера релаксации. В дальнейшем считаем, что функция $U(t,\tau)$ имеет структуру аналогичную функции меры ползучести $C(t,\tau)$ [1]. Такой подход позволяет при конечно-элементном моделировании воспользоваться экспериментальными данными, полученными в опытах на ползучесть. Процесс релаксации при одноосном деформировании описываем интегральным уравнением

$$\sigma(t) = \sigma_k \left[1 + E(t) \int_{\tau_0}^{t} \Pi(t,\tau)\, d\tau \right],$$

где $\sigma_k = const$ – заданная величина напряжения; $\Pi(t,\tau) = -\dfrac{\partial}{\partial \tau}\left[\dfrac{1}{E(\tau)} + C(t,\tau) \right]$ – ядро ползучести.

Для моделирования длительного деформирования дополнительно введем модифицированный вектор-столбец узловых перемещений [2]

$$\{\tilde{q}(t)\} = (1 - \boldsymbol{R})\{q\}. \qquad (1)$$

Тогда вектор-столбец перемещений в произвольной точке КЭ определяем по формуле

$$\{\tilde{u}\} = (1 - \boldsymbol{R})[\underset{(3\times n_r)}{F}]\{q\},$$

где $[F]$ – матрица, «функций формы» КЭ; интегральный оператор $\mathbf{R}\,\varepsilon_{ij} = \int_{\tau}^{t} R(t,\tau)\,\varepsilon_{ij}(\tau)\,d\tau$, в котором $R(t,\tau)$ – наследственная функция.

Материал КЭ считаем изотропным линейно вязкоупругим. Уравнение состояния в общем случае представим в форме

$$\{\sigma\} = [D_0][\underset{(6\times n_r)}{\Phi}]\{\tilde{q}\} + [D_1][\underset{(6\times n_r)}{\Phi}]\{\tilde{q}\}, \qquad (2)$$

здесь $[\Phi]$ – матрица, устанавливающая связь между узловыми перемещениями и деформациями; матрицы упругости, соответствующие объемной D_0 и сдвиговой D_1 деформациям.

Результирующее матричное уравнение МКЭ запишем в виде

$$([k_0]+[k_1])\,\{\tilde{q}\} - \{P(t)\} = 0, \qquad (3)$$

где матрицы жесткости КЭ, учитывающие объемную и сдвиговую деформации

$$[k_0] = \int_{v_e} [\Phi]^T [D_0][\Phi]\, dv; \quad [k_1] = \int_{v_e} [\Phi]^T [D_1][\Phi]\, dv;$$

$\{P(t)\}$ – вектор-столбец узловых сил, учитывающий

квазистатический характер нагружения.

Подставив в уравнение (3) зависимость (1), получим

$$([k]-[k_0]R_0-[k_1]R_c)\{q\}-\{P(t)\}=0, \qquad (4)$$

где $[k]=[k_0]+[k_1]=\int_{v_e}[\Phi]^T[D][\Phi]dv$; $[D]=[D_0]+[D_c]$; R_0, R_c – наследственные функции, соответствующие объемной и сдвиговой длительной деформации.

Для вычисления интеграла $R_\alpha\{q\}=\int_0^t R_\alpha(t,\tau)\{q(\tau)\}d\tau$, $\alpha=0,c$ воспользуемся численным методом, основанном на формуле трапеций. Разбив временной интервал [0, t] на m равноотстоящих временных узловых точек так, чтобы $t=m\,\Delta t$, запишем рекуррентные соотношения в виде:

$$R_\alpha\{q\}\approx R_\alpha(m\Delta t)\{q^0\}\frac{\Delta t}{2}+\sum_{j=1}^{m-1}R_\alpha((m-j)\Delta t)\{q^j\}\Delta t+R_\alpha(0)\{q^m\}\frac{\Delta t}{2}, \qquad (5)$$

где Δt – шаг интегрирования.

С учетом выражения (5) матричное уравнение (4) принимает вид

$$[k]\{q^m\}-[k_0]\left\{R_0(m\Delta t)\{q^0\}\frac{\Delta t}{2}+\sum_{j=1}^{m-1}R_0((m-j)\Delta t)\{q^j\}\Delta t+R_0(0)\{q^m\}\frac{\Delta t}{2}\right\}-$$

$$-[k_1]\left\{R_c(m\Delta t)\{q^0\}\frac{\Delta t}{2}+\sum_{j=1}^{m-1}R_c((m-j)\Delta t)\{q^j\}\Delta t+R_c(0)\{q^m\}\frac{\Delta t}{2}\right\}-\{P\}=0$$

Или в компактной форме

$$[k^0]\{q^m\}=\{P\}+[k^m]\{q^0\}+\sum_{j=1}^{m-1}[k^j]\{q^j\}, \qquad (6)$$

здесь введены обозначения:

$$[k^0]=[k]-[k_1]R_0(0)\frac{\Delta t}{2}-[k_1]R_c(0)\frac{\Delta t}{2};$$

$$[k^m]=[k_0]R_0(m\Delta t)\frac{\Delta t}{2}+[k_1]R_c(m\Delta t)\frac{\Delta t}{2};$$

$$[k_1^j]=[k_0]R_0((m-j)\Delta t)\Delta t+[k_1]R_c((m-j)\Delta t)\Delta t.$$

Соотношения (6) могут быть легко запрограммированы.

Процедура вычисления напряжений в КЭ основана следующем выражении:

$$\{\sigma\}=\left\{[D][\Phi]-[D_0][\Phi]R_0-[D_1][\Phi]R_c\right\}\{q\}.$$

В развернутом виде данная зависимость принимает форму

$$\{\sigma\}=[D][\Phi]\{q^m\}-[D_0][\Phi]\left\{R_0(m\Delta t)\{q^0\}\frac{\Delta t}{2}+\sum_{j=1}^{m-1}R_0((m-j)\Delta t)\{q^j\}\Delta t+\right.$$

$$+R_0(0)\{q^m\}\frac{\Delta t}{2}\Bigg\}-[D_1][\Phi]\Bigg\{R_c(m\Delta t)\{q^0\}\frac{\Delta t}{2}+\sum_{j=1}^{m-1}R_c((m-j)\Delta t)\{q^j\}\Delta t+R_c(0)\{q^m\}\frac{\Delta t}{2}\Bigg\}.$$

Рабочие массивы, предназначенные для хранения промежуточной информации о предыстории нагружения конструкции, хранятся в виде временных наборов последовательного доступа во внешней памяти. Представленные зависимости легли в основу авторизированного учебно-исследовательского программного комплекса Polygon [3].

Выполнены вычислительные эксперименты численного интегрирования с применением равномерной дискретизации временной оси, а также при выборе шага по времени на основании арифметической и геометрической прогрессий. Установлено, что наилучшее приближение к точному решению дает равномерная схема численного интегрирования с постоянным шагом [2].

Результаты и проблематика

Для демонстрации возможностей разработанного математического и программного обеспечения рассмотрим конкретные числовые примеры.

Пример 1. Расчет напряженно-деформированного состояния железобетонной плиты квадратной в плане на продавливание

В лаборатории McNeice лондонского университета в 1967 году [4] были проведены испытания на продавливание квадратной железобетонной плиты с размерами 914,4 мм (36 дюймов) × 914,4 мм (36 дюймов) и толщиной 44,45 мм (1,75 дюйма). Плита имела угловые опирания и была усилена арматурной сеткой в двух ортогональных направлениях на глубине 33,3 мм (1,31 дюйма). Фотография экспериментального стенда представлена на рис. 1.

В натурном эксперименте плита располагалась вертикально для исключения влияния собственного веса конструкции и удобства размещения измерительной аппаратуры.

Данные экспериментальные исследования широко используются разработчиками программного обеспечения для проверки и валидации численных моделей и методов прочностного анализа железобетонных конструкций [5, 6, 7].

Рис. 1. Стенд для испытания квадратной
в плане плиты на продавливание [4]

На рис. 2 приведена конструкционная схема плиты с указанием размеров в миллиметрах. По углам плиты расположены опоры из стали 76,2х76,2 мм.

С учетом симметрии рассмотрим ¼ часть плиты. Конечно-элементные модели монолитной бетонной части плиты и армирующей сетки показаны на рис. 3.

Для установления соответствия физического и компьютерного экспериментов в местах опор и приложения нагрузки также предусматриваем размещение стальных пластин толщиной 10 мм.

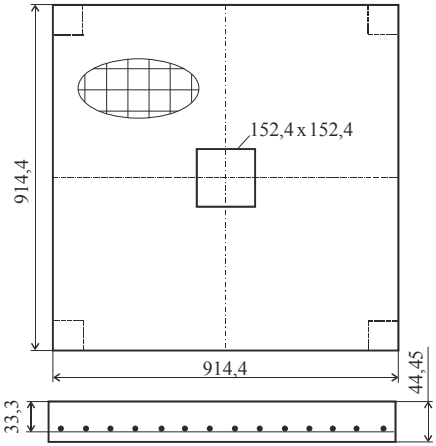


Рис. 2. Схема плиты [119]

Механические константы бетона: E_c = 2,86·10^{10} Н/м^2; ν_c = 0,15; R_b = 30 МПа; R_{bt} = 2,9 МПа. Арматура – стальной пруток диаметром 6 мм с шагом армирования 100х100 мм. Механические константы арматуры: E= 2·10^{11} Н/м^2; ν =0,28. Собственный вес плиты не учитываем.

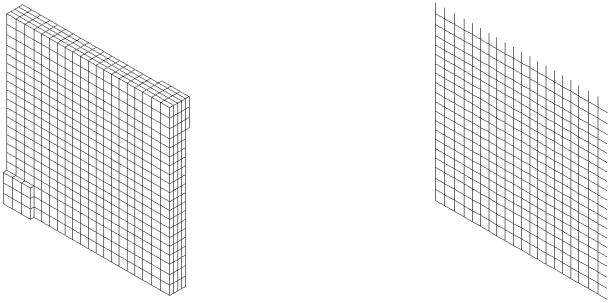


Рис. 3. Конечно-элементные модели плиты и арматурной сетки

По аналогии с экспериментом в центре плиты прикладываем сосредоточенную силу F = 7,5 кН. С учетом симметрии на ¼ часть – $F_{1/4}$ = 1,875 кН.

Результаты конечно-элементного моделирования в виде картин распределения прогибов u_z, полученные с помощью расчетно-вычислительных комплексов ANSYS, Polygon и DIANA для ¼ части плиты представлены на рис. 4 - 6. Во всех случаях применялись объемные и стержневые КЭ одинакового порядка. Как видно из рис. 4 и 5 значения прогибов в центре пластины практически совпадают:

$$u_{z\,max} = -0{,}266\cdot10^{-3} \text{ м (ANSYS)}; \; u_{z\,max} = -0{,}276\cdot10^{-3} \text{ м (Polygon)}.$$

Вместе с тем прогиб, полученный с использованием комплекса DIANA $u_{z\,max} = -1{,}45\cdot10^{-3}$ м существенно превышает результаты комплексов ANSYS и Polygon. Отметим, что вычисления на базе комплексов ANSYS и Polygon выполнялись с использованием линейно упругой модели материала плиты. Известно лишь, что в комплексе DIANA для расчета плиты реализован шаговый алгоритм нагружения. Подчеркнем, что результат вычислительного эксперимента DIANA [8] хорошо согласуется с экспериментальными данными [9].

Выполним расчет плиты с учетом эффекта быстро нарастающей ползучести бетона. Здесь и далее параметры наследственной функции принимаем в соответствии рекомендациями С.В. Александровского [1]. Назначим момент времени приложения нагрузки равным 72 сут. Полученный в

такой постановке график зависимости прогиба в центре плиты от временной координаты $u_z \sim t$ приведен на рис. 7.

Рис. 4. Визуализация распределения поля u_z (ANSYS)

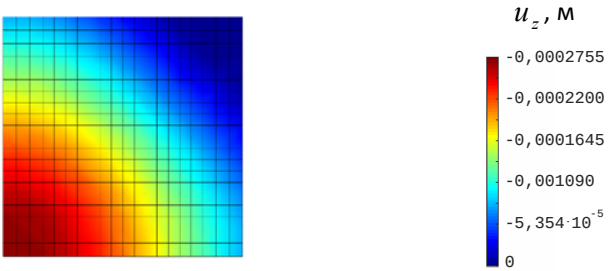


Рис. 5. Визуализация распределения поля u_z (Polygon)

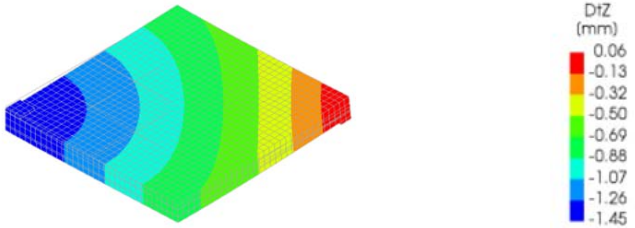


Рис. 6. Визуализация распределения поля u_z (DIANA) [8]

Из приведенного графика следует, что включение в расчетную модель учета ползучести позволяет получить решение ($u_{z\,max}$ = –1,51·10^{-3} м) хорошо согласующееся с данными эксперимента [4]. Визуализация соответствующей картины перемещений для момента времени 76 сут приведена на рис. 8.

Относительная погрешность при использовании комплекса Polygon с

учетом ползучести бетона составляет 4%.

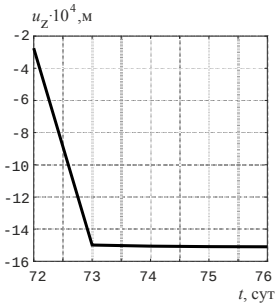


Рис. 7. График прогиб $u_z \sim t$

с учетом быстронарастающей ползучести бетона

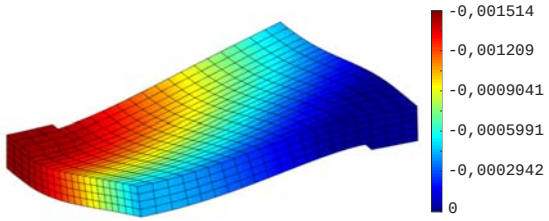


Рис. 8. Картина распределения вертикальных перемещений
в ¼ части плиты при t = 26 сут (Polygon)

Из рассмотренного примера следует вывод о том, что ключевую роль при отработке методики расчета железобетонных конструкций с учетом нелинейной деформации бетона играет настройка параметров комплекса Polygon.

Пример 2. Анализ несущей способности узла железобетонной портальной рамы. В настоящее время при строительстве многоэтажных и многопролетных зданий из монолитного железобетона широко используются конструктивные решения, базирующиеся на применении портальных рам. Поэтому представляет определенный интерес выполнить прочностной расчет узла портальной рамы, воспринимающего горизонтальное усилие, приложенное к свободному торцу ригеля. Основные размеры и схема армирования узла портальной рамы показаны на рис. 9 и 10. Данные для расчета взяты из [10].

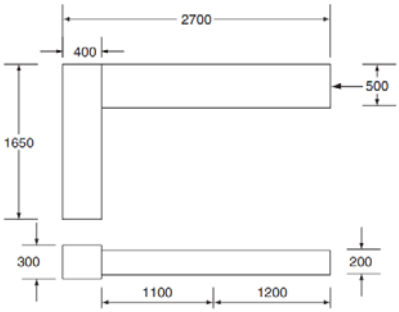


Рис. 9. Размеры в мм узла портальной рамы [10]

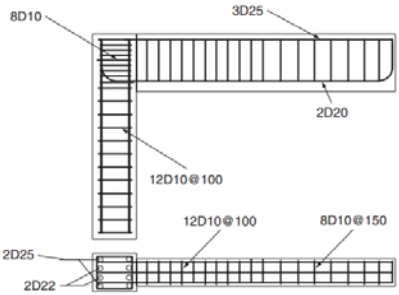


Рис. 10. Схема армирования [10]

Расчетная схема узла приведена на рис. 11.

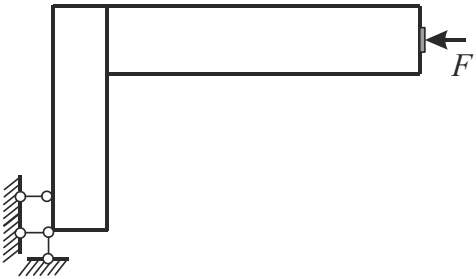


Рис. 11. Расчетная схема узла портальной рамы [10]

Механические константы материалов:

– бетон $E_б = 3 \cdot 10^{10}$ Н/м^2; $\nu_б = 0{,}2$; $R_b = 34{,}2$ МПа; $R_{bt} = 2{,}65$ МПа.

– арматура (сталь) $E = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м^2; $\nu = 0{,}28$.

Как и в примере 2 для конечно-элементного моделирования данной конструкции используем объемные восьмиузловые и стержневые балочные КЭ (рис. 12).

С целью верификации предварительно выполним расчет узла с помощью комплексов ANSYS и Polygon. При этом используем одинаковые конечно-элементные модели. Для моделирования бетона в ANSYS используем КЭ типа SOLID185. Значение сосредоточенной силы F = 50 кН, прикладываем к площадке толщиной 0,015 м, расположенной на свободном торце ригеля. Материал данной площадки – сталь.

Визуализация полей перемещений u_x в направлении действия силы представлена на рис. 13 и 14.

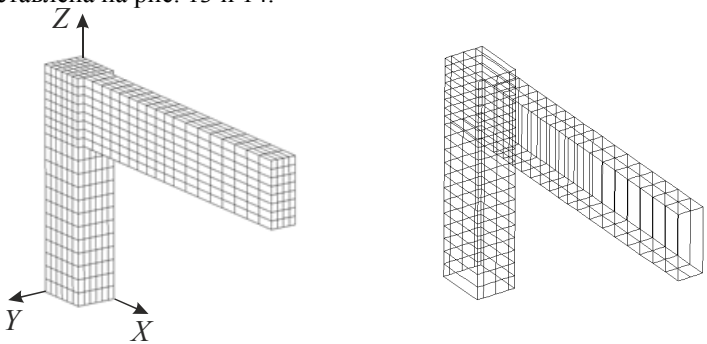


Рис. 12. Конечно-элементные модели массива и армирующего каркаса узла портальной рамы

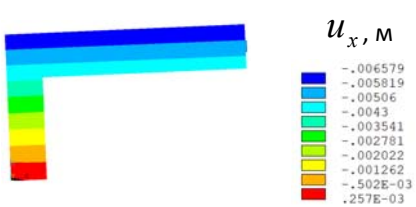


Рис. 13. Картина распределения поля u_x (ANSYS)

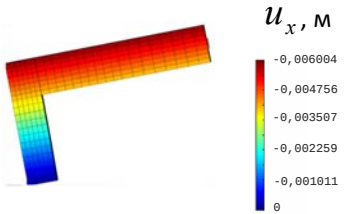


Рис. 14. Картина распределения поля u_x (Polygon)

Как видно значение максимального смещения на рис. 13 во втором знаке отличается в большую сторону от аналогичной величины на рис. 14. При количественной оценке данного рассогласования устанавливаем, что модель комплекса Polygon на 10% завышает жесткость рассматриваемой конструкции в направлении оси. Вместе с тем, если в ANSYS бетон моделировать объемными элементами SOLID65 с активированными дополнительными степенями свободы, то получаем $\left|u_{x\,max}\right|$ = 0,006102 м,

что практически совпадает с результатом комплекса Polygon. В случае деактивации функции дополнительных степеней свободы имеем $\left|u_{x\,max}\right|=$ 0,005645 м. Отметим, что КЭ типа SOLID65 разработаны специально для моделирования железобетонных конструкций.

Картины распределения сдвиговых напряжений σ_{xz}, возникающих в плоскости X0Z, в зонах примыкания к узлу рамы, полученные с помощью комплексов ANSYS и Polygon, приведены на рис. 15 и 16.

Сравнивая результаты расчетов, заключаем, что оба комплекса позволяют качественно выявить область концентрации напряжений σ_{xz} в угловой зоне узла портальной рамы. Значения максимальных касательных напряжений в этом месте, определенные двумя способами, достаточно близки:

$$\sigma_{xz\,max} = 0{,}212 \text{ МПа (ANSYS SOLID185)};$$

$$\sigma_{xz\,max} = 0{,}162 \text{ МПа (ANSYS SOLID65)};$$

$$\left|\sigma_{xz\,max}\right| = 0{,}1978 \text{ МПа (Polygon)}.$$

Однако, в соответствии с данными комплекса Polygon при заданной величине нагрузки область максимальных напряжений $\left|\sigma_{xz\,max}\right| = 0{,}4506$ МПа располагается не в угловой зоне, а в верхней части стойки там, где расположен армирующий каркас с самым мелким шагом 0,0625 м.

Рис. 15. Распределение напряжений σ_{xz} в узле (ANSYS)

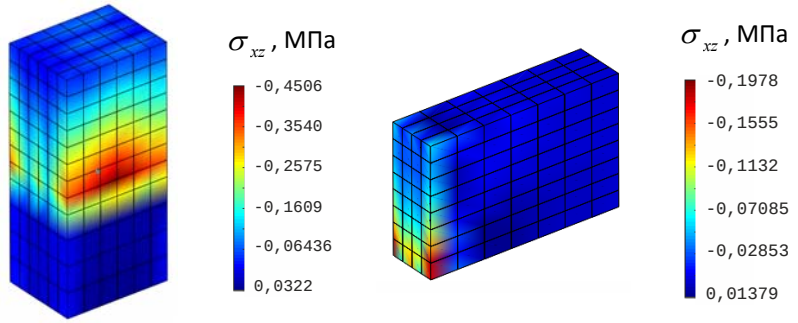


Рис. 16. Распределение напряжений σ_{xz} в стойке и ригеле узла портальной рамы (Polygon)

Для экспертной оценки результатов численного моделирования обратимся к данным натурного эксперимента [10]. На рис. 17 показан фрагмент узла железобетонной портальной рамы, с аналогичными размерами, в момент разрушения на экспериментальном стенде.

На рис. 18 приведена визуализация моделирования процесса разрушения узла, полученная с помощью комплекса ABAQUS [10].

На приведенной фотографии видны места сколов и сеть магистральных трещин в зоне сопряжения стойки и ригеля. Как отмечается в [10] диагональные трещины возникают первыми и развиваются дальше после появления первого скола на ригеле. Таким образом «очаговый» характер сдвиговых напряжений σ_{XZ} в стойке (рис. 16) согласуется с наблюдаемым на практике сценарием разрушения данного узла.

Рис. 17. Фотография разрушения портального узла (эксперимент [10])

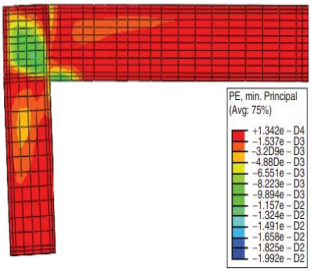


Рис. 18. Прогнозируемый характер трещин в узле (ABAQUS) [10]

Графики экспериментальных и расчетных зависимостей $F \sim u_x$, полученных в [10; 11], показаны на рис. 19.

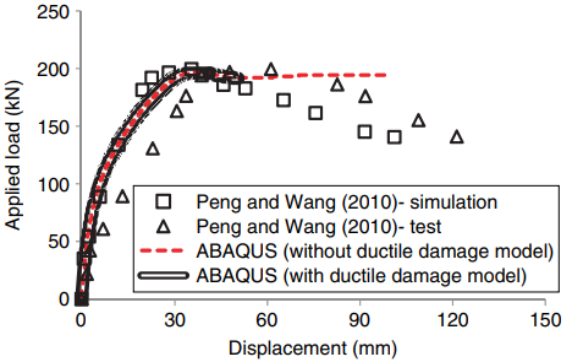


Рис. 19. Графики зависимостей $F \sim u_x$ [10, 11]

Из рис. 19 следует, разрушение узла происходит при F = 200 кН. Соответствующее смещение ригеля составляет порядка 60 мм.

Выполним моделирование рассматриваемого узла портальной рамы с учетом ползучести бетона в рамках модели упруго-ползучего тела. В первом варианте нагружение организуем по четырехступенчатой схеме

$$F_i = k_i F,$$

где коэффициент принимает значения 0,25; 0,5; 0,75; 1; F = 200 кН.

Во втором варианте нагрузку прикладываем одномоментно. Полученный график $u_x \sim t$ приведен на рис. 20 и 21. Сравнивая графики на рис. 20 и 21, устанавливаем, что значения перемещений для каждой ступени нагружения достаточно хорошо согласуются. Таким образом моделирование узла портальной рамы с учетом ползучести позволяет учесть эффекты, связанные с нелинейной деформируемостью бетона. При этом временную координату можно рассматривать как критерий сходимости численного решения. Процесс интегрирования по параметру t можно считать завершенным на i-ом шаге нагружения после выхода кривой ползучести $u_x \sim t$ на «горизонтальный участок». Экстремальные значения касательных напряжений σ_{XZmax} при нагружении по первому варианту при F = 200 кН составили: в стойке – 5,244 МПа; в ригеле – 2,301 МПа.

Численное решение при нагружении по второму варианту стабилизируется при t > 130 сут.

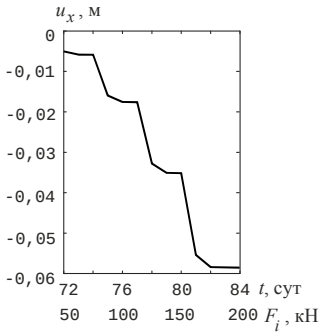


Рис. 20. График $u_x \sim t$ при ступенчатом нагружении

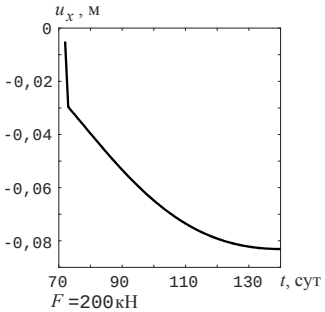


Рис. 21. График $u_x \sim t$ одномоментное загружение

Здесь следует отметить важный момент относительно оценки несущей способности рассматриваемого узла. Как было отмечено выше, разрушение узла происходит в результате сдвиговых деформаций. Однако современные методики прочностного расчета железобетонных конструкций базируются на двух константах бетона R_b, R_{bt} – это прочность образца при сжатии и растяжении, т. е. данные о прочности бетона при сдвиге не используются. Обычно полагают, что прочность бетона на срез в 1,5–2 раза больше, чем его прочность на растяжение. Отсюда σ_{XZmax} = 5,244 МПа в 1,3 раза превышает условный предел прочности бетона на срез R_{sh} = 1,5·2,65 = 3,975 МПа.

Заключение

Выполнена верификация разработанного математического и программного обеспечения, включающая сравнение результатов численных расчетов с имеющимися в литературе экспериментальными данными. В процессе тестирования было установлено, что численное моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций с

учетом ползучести по предлагаемой методике позволяет опосредованно учесть эффекты, связанные с нелинейной деформируемостью бетона. При этом временную координату предлагается рассматривать как условный критерий сходимости, т. е. интегрирование по времени на текущем шаге активного нагружения можно считать завершенным после выхода кривой ползучести на «горизонтальный участок».

Список литературы

1. Александровский, С. В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести / С. В. Александровский. – Москва : Стройиздат, 1973. – 432 с.

2. Гайджуров, П. П. Численное моделирование объемного напряженно-деформированного состояния предварительно напряженных железобетонных конструкций с учетом ползучести бетона / П. П. Гайджуров, Э. Р. Исхакова, Н. А. Савельева // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2023. – №2. – С. 17–24.

3. Гайджуров, П. П., Исхакова, Э. Р. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 201462079. Конечноэлементное решение плоской задачи теории наследственного старения бетона с учетом принципа наложения воздействий и быстро набегающей ползучести материала (Polygon), заявка №2014619750 от 26 сентября 2014 г. Зарег. 21 ноября 2014 г.

4. McNeice. Elastic-plastic bending of plates and slabs by the Finite Element Method. – 1967.

5. David, V. Hutton Fundamentals of Finite Element Analysis // The McGraw Hill Companies. – 2004. – 494 p.

6. Logan Daryl, L. A First Course in the Finite Element Method // University of Wisconsin–Platteville. – 2011. – 836 p.

7. Ray, S. S. Reinforced Concrete. Analysis and Design // Blackwell Science Ltd. – 1995. – 545 p.

8. Diana, B. V. Diana 10.7 manual. Delft, Netherlands, Tutorial Diana fea. – 2023.

9. Crisfield. Variable step-length for nonlinear structural analysis, 1982 4Polak. and Vecchio, Nonlinear analysis of reinforced–concrete shells. – 1993.

10. Xu Long and Chi King Lee. Modelling of Two Dimensional Reinforced Concrete Beam-Column Joints Subjected to Monotonic Loading // Advances in Structural Engineering. – 2015. – No. 18 (9). P. 1466–1467.

11. Clough, R. W. The Finite Element Method in Plane Stress Analysis, Proc. 2nd ASCE Conf. On Electronic Computation // Pittsburg, Pa. Sept. – 1960.

Сведения об авторах:

Гайджуров Пётр Павлович – профессор кафедры «Строительная механика и теория сооружений» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия. ORCID: 0000-0003-3913-9694, E-mail: gpp-161@yandex.ru

Исхакова Эльвира Рашидовна – ассистент кафедры «Градостроительство, проектирование зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия. E-mail: elvira.ishakova@yandex.ru

Савельева Нина Александровна – старший преподаватель кафедры «Строительная механика и теория сооружений» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия. ORCID: 0000-0002-8702-5168, E-mail: ninasav86@mail.ru

Зу Би Ти Брис Робин – аспирант кафедры «Промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия.

Gaidzhurov Petr Pavlovich – professor of the Department of Structural Mechanics and Theory of Structures, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia. E-mail: gpp-161@yandex.ru

Iskhakova Elvira Rashidovna – assistant of the department of "Urban planning, design of buildings and structures", South-Russian State Polytechnical University named after M.I. Platov (NPI), Novocherkassk, Russia. E-mail: elvira.ishakova@yandex.ru

Savelyeva Nina Aleksandrovna – senior lecturer of the Department of Structural Mechanics and Theory of Structures of the Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia. E-mail: ninasav86@mail.ru

Zu Bi Ti Bris Robin – postgraduate student of the Department of Industrial, Civil Engineering, Geotechnics and Foundation Engineering of the South-Russian State Polytechnical University named after M.I. Platov (NPI), Novocherkassk, Russia.

Для цитирования:

Гайджуров, П. П., Исхакова, Э. Р., Савельева, Н. А., Зу Би Ти Брис Робин Примеры конечно-элементного моделировния железобетонных конструкций с учетом эффекта быстро нарастающей ползучести бетона // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 164–180.

Citation:

Gayzhurov P. P. Examples of finite element modeling reinforced concrete structures taking into account the effect rapidly increasing creep of concret / P. P. Gayzhurov, E. R. Iskhakova, N. A. Savelieva, Zu BI Bris Robin // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 164–180.

УДК 378.09

ПРЯМЫЕ И ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ В МЕХАНИКЕ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

Л.А. Максимова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье рассмотрим некоторые примеры прямых и обратных задач, их существование и возможные методы регуляризации.*

Ключевые слова: *прямые задачи, обратные задачи, уравнения, устойчивость, корректность, численные методы.*

DIRECT AND INVERSE PROBLEMS IN DEFORMABLE SOLID MECHANICS

Abstract: *in the article we will consider some examples of direct and inverse problems, their existence and possible regularization methods.*

Keywords: *direct problems, inverse problems, equations, stability, correctness, numerical methods.*

Введение (источник проблем)

Начиная со школы, все сталкиваются с вычислениями, уравнениями, задачами в той или иной области (математика, физика, химия, …). В основном решения поставленных ТЗ (технических заданий) связано с алгоритмом решений подобных задач. Эти задачи не всегда четко дифференцируются на прямые и обратные. В основном все эти задачи прямые, или приводящиеся к прямым. Научная деятельность и промышленное производство сталкивают нас с обратными задачами, решение которых зачастую затруднительно, а иногда и невозможно [1–8].

Математика. Начальная школа.

Первые действия сложения (+) и вычитания (-). Даются понятия слагаемых, сумм, уменьшаемого, вычитаемого, разности.

Первые задания: арифметические, необходимо выполнить действия – вычислить.

Затем появляются обратные задачи.

Пример1. «Я загадала число, к нему прибавила 2, получилось 5. Вопрос: какое число я загадала?»

Слагаемое + слагаемое = сумма

$$x + 2 = 5$$
$$x = 5 - 2$$
$$x = 3$$

По правилу сложения (суммы), чтобы найти одно из слагаемых, нужно из суммы вычесть известное слагаемое.

Переносим число 2 в правую часть с обратным знаком (-)

Пример 2. (аналогичная постановка задачи, но немного затуманенная)

$$2 + x = 5$$

$x = 5 - 2$ Переносим 2 в правую часть с обратным знаком (-)

$x = 3$ и вычисляем

Рассмотрим аналогичный пример с действием (-) вычитания из школьного учебника математики.

Пример 3.

$$x - 5 = 2$$
$$x = 2 + 5$$
$$x = 7$$

Действия по правилам и действия по алгоритму решения здесь одни и те же.

Похожий пример, но нужно найти не уменьшаемое, а вычитаемое.

Пример 4.

$$7 - x = 5$$

$x = 7 - 5$ Из уменьшаемого вычтем разность

$x = 2$ и получим вычитаемое

Это решение по правилу, но это правило обычно отрабатывается недостаточно, и поэтому в основном все вычисляется по алгоритму предыдущих примеров, получаем:

$-x = 5 - 7$ (Неизвестное оставляем там, где оно было, а известное значение переносим в другую сторону)

$-x = -2$ Делаем умножение правой и левой части на (-1)

$x = 2$.

Последнее действие не у всех получается верно.

Возможны и такие варианты решения:

$7 - 5 = x$ (переносим x в правую сторону)

$2 = x$

$x = 2$

А из второй строки не всегда делается правильный вывод. Ответы здесь могут быть очень разнообразны и при вычислении возможны ошибки.

Развитие (решение любых линейных уравнений)

Обобщим предыдущие примеры на любые параметры и неизвестное.

Пример 5.

$$ax + b = c$$
$$ax = c - b$$

$$x = \frac{c - b}{a}$$

Такое решение некорректно, и обычно в этих случаях записывают, что знаменатель не должен равняться нулю.

Составим полную таблицу решения примера 5.

Таблица 1

Решение линейного уравнения

a	c-b	x
0	0	∀
0	≠0	∅
≠0	0	0
≠0	≠0	$\frac{c-b}{a}$

Пример 6. Велосипедист выехал из пункта А в пункт В со скоростью 12 км/ч, весь путь у него занял 3 ч. Какого расстояние между этими пунктами?

Имеем прямую задачу. Вычисляем по формуле.

Формула $S = V \cdot t \Rightarrow S = 12 \cdot 3 = 36$ км

Задача прямая!

Пример 7. Условия S = 36 км. V = 12 км/ч

Найти t.

Имеем обратную задачу, но из исходных данных легко выразить t

$t = \frac{S}{V}$. Таким образом эту обратную задачу удалось превратить в прямую.

$$t = \frac{36}{12} = 3 \text{ ч.}$$

Пример 8. Решить уравнение

$$x + sinx = 3$$

Выразить x в этой задаче не предоставляется возможным. Любые аналитические методы здесь не сработают.

Решить это уравнение (трансцендентное) возможно лишь приближенно графически или численным методом. И данное уравнение еще и без параметров, которые в задачах практики могут иметь место.

Средняя школа (решение любых квадратичных уравнений)

Рассмотрим одно из самых известных уравнений, -равенство нулю квадратичной функции.

$$ax^2 + bx + c = 0$$

Таблица 2

Решение квадратичного уравнения

	a	b	c	x	вид
1	0	0	0	∀	линейное уравнение
2	0	0	≠0	∅	
3	0	≠0	0	0	
4	0	≠0	≠0	$x = -\frac{c}{b}$	
5	≠0	0	0	$x_{1,2} = 0$	квадратичное уравнение
6	≠0	0	≠0	$x_{1,2} = \pm\sqrt{-\frac{c}{a}}$	
7	≠0	≠0	0	$x_1 = 0$ $x_2 = -\frac{b}{a}$	
8	≠0	≠0	≠0	$x_{1,2} = \frac{-b \pm\sqrt{D}}{2a}$	

То есть имеем 8 случаев, причем в первом случае (линейное уравнение) имеем 1 корень, нет корня, ∞ много корней.

Во втором случае (квадратичное уравнение) – всегда 2 корня! В зависимости от дискриминанта действительные или комплексные.

Устойчивость решения

Понятие устойчивость относится обычно к решению системы динамических дифференциальных уравнений, при заданных начальных условиях.

Таких критериев используется несколько, из самых известных это устойчивость по Ляпунову.

Смысл очень простой: решение является устойчивым, если при небольших изменениях начальных условий решение тоже не сильно изменится.

В случае, когда входные переменные могут немного варьироваться в силу округления, неточности измерений, и вообще по причине различных случайностей – результат может быть не адекватен.

Устойчивость в разделе строительной механики – аналогична: необходимо определить параметр (критическую силу), а если действие на систему (раму, ферму, оболочку) меньше этого параметра, то система устойчива, в противном случае будут происходить необратимые изменения с системой.

Использование численных методов

Численные методы являются необходимым компонентом при решении задач ввиду их нелинейности. В настоящее время используются множество программных обеспечений, в которых реализуется необходимые численные методы: метод конечных элементов, метод разностных уравнений, метод Бубнова-Галеркина, метод малого параметра Ивлева и т. д. Точность в этих методах на прямую зависит от сетки или шага разбиения.

Естественно предположить, что чем меньше шаг, тем точнее будет решение задачи. Но начиная с некоторого размера шага точность будет не возрастать, а уменьшаться в следствии ошибок округления и накопления вычислительной ошибки. Определить эту точку невозврата можно определить только эмпирическим путем для простых случаев, для которых, и так, есть хорошее решение. Для сложных задач – это невозможно. Неточность (неадекватность решения) может быть вызвана также человеческим фактором и случайными процессами.

Заключение

При анализе решения обратных задач необходимо учитывать влияние граничных и начальных условий, случайных факторов, погрешность численных решений. Для прямых задач, анализ как таковой не является существенным, если только не предполагается менять параметры задачи.

Список литературы

1. Плотников, А. Н. Анализ корреляции параметров мониторинга многоэтажного здания для определения его деформированного состояния / А. Н. Плотников, С. А. Левин, И. С. Горбунова [и др.] // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 292–304. – EDN ILFZJA.

2. Плотников, А. Н. Интегральный автоматический мониторинг высотных, заглубленных и большепролетных сооружений, разработанный кафедрой строительных конструкций чувашского госуниверситета / А. Н. Плотников, С. А. Левин, А. Г. Лукин [и др.] // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции (Чебоксары, 21–22 ноября 2018 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 278–294. – EDN VYAHXE.

3. Михайлов, Б. В. анализ колебания несущих элементов фасадной системы от динамической нагрузки / Б. В. Михайлов, А. Г. Николаева, А. В. Иванов // Вестник науки. – 2022. – Т. 4. №6 (51). – С. 198–207. – EDN TGHZCT.

4. Плотников, А. Н. Задание нагрузки от пожарных машин на кровлю подземных автостоянок при расчете / А. Н. Плотников, А. Г. Николаева, М. Ю. Иванов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 114–121.

5. On the determination of stresses in the case of a plastic problem with an ellipsoidal cavity / A. N. Maksimov, L. A. Maksimova, E. A. Derevyanikh [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: III International Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT-III-2022) (Krasnoyarsk, 03–05 марта 2022 г.). Vol. 2373. – Krasnoyarsk : IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 22012. – DOI 10.1088/1742-6596/2373/2/022012. – EDN TSTODI.

6. Максимова, Л. А. Влияние начальных условий на устойчивость НДС твердого тела / Л. А. Максимова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: ссорник статей по материалам IV Международной конференции (Чебоксары, 12 декабря 2023 г.). – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 7–12. – EDN YRWVOR.

7. Maksimova, L. A. Linearized equations of three-dimensional flow in perfectly plastic bodies // Doklady Physics. – 1998. – Vol. 43. No. 2. – P. 131–132. – EDN LETAAZ.

8. Максимова, Л. А. Обобщенные системы сингулярных интегральных уравнений Шермана со сдвигом в плоской теории упругости / Л. А. Максимова, А. В. Юденков, Л. П. Римская // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2016. – №2 (28). – С. 15–23. – EDN XHNLCX.

Сведения об авторах:

Максимова Людмила Анатольевна – профессор кафедры «Строительных конструкций» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», д-р физ.-мат. наук, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, г. Чебоксары, Россия. E-mail: maksimova_ng@mail.ru

Lyudmila A. Maksimova – Professor of the Department of "Building Structures" of the I.N. Ulyanov CHSU, Dr. of physical and mathematical sciences, Honored Scientist of the Chuvash Republic. Cheboksary, Russia. E-mail: maksimova_ng@mail.ru

Для цитирования:

Максимова, Л. А. Прямые и обратные задачи в механике деформируемого твердого тела / Л. А. Максимова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 181–186.

Citation:

Maksimova L. A. Direct and inverse problems in deformable solid mechanics / L. A. Maksimova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 181–186.

УДК 69

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПОЛУШПАЛЫ

Ил.Т. Мирсаяпов,
М.Н. Павлов,
А.И. Мирсаяпов
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Казань, Россия

Аннотация: *рассмотрено численное исследование работы железобетонной полушпалы. В качестве рассматриваемого образца принята версия Low Vibration Track или путь пониженной вибрации. В ходе расчета использована актуальная теория поведения бетона по экспоненциальной диаграмме деформация. Получены изополя напряжений и относительных деформаций и определен характер разрушения образца.*

Ключевые слова: *железобетонная полушпала, lvt полушпала, путь пониженной вибрации, численные исследования.*

NUMERICAL STUDY OF THE OPERATION OF A REINFORCED CONCRETE HALFPIPE

Abstract: *a numerical study of the reinforced concrete half-sleeper operation is considered. The Low Vibration Track version is adopted as the sample under consideration. The current theory of concrete behavior according to the exponential deformation diagram is used in the calculation. Isofields of stresses and relative deformations are obtained and the nature of the sample destruction is determined.*

Keywords: *reinforced concrete halfpipe, lvt halfpipe, low vibration track, numerical studies*

Введение

В современных реалиях без численного моделирования элементов строительных конструкций практически не обходится ни одно производство железобетонных изделий. Численное моделирование позволяет перебирать большое количество вариантов армирования конструкций и проводить экспериментальные исследования только на наиболее эффективных образцах. Это позволяет значительно экономить денежные средства на экспериментальных исследованиях.

В связи с активным строительством метрополитена в г. Москва, г. Санкт-Петербург и г. Казань, а также метротрамвая в г. Челябинск и г. Красноярск, встает вопрос в выборе основания под рельсы. На данный момент наиболее эффективной конструкцией является железобетонная полушпала по технологии LVT – Low Vibration Track или путь пониженной вибрации, данная технология принадлежит компании Sonneville AG [1–5].

Встает вопрос в исследованиях LVT железобетонных полушпал численным методом для анализа напряженно-деформированного состояния и возможной модернизации данной конструкции.

Для численного исследования железобетонной полушпалы выбран программный комплекс Ansys, который является наиболее популярным и признается учеными-исследователями во всём мире. ПК Ansys имеет широкие возможности в расчете строительных конструкции, в частности железобетонных. Позволяет выполнять расчеты железобетонных конструкций с учетом нелинейной диаграммы деформирования бетона с учетом раскрытия и развития трещин [6].

В данной работе целью исследования является.

1. Получить изополя нормальных и касательных напряжений на основе численного анализа в ПК Ansys на основе нелинейной диаграммы деформирования бетона и стали железобетонной полушпалы.
2. Определить участки отказа железобетонной полушпалы.
3. Определить несущую способность железобетонной полушпалы.

Материал и методы исследований

В качестве исходных данных для исследований принято сечение на рис. 1–3, железобетонная полушпала заводского изготовления, класс бетона B40, которая армирована продольной верхней арматурой (4d10), нижней продольной арматурой (4d12) и поперечной арматурой (6 хомутов d8) класс A500c.

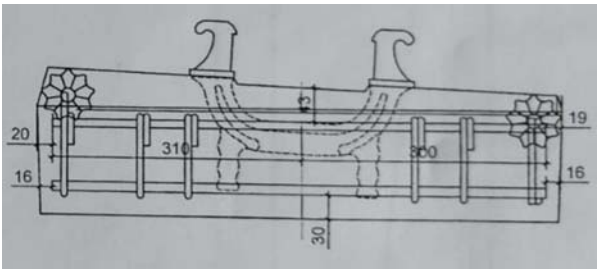


Рис. 1. Общий вид железобетонной полушалы

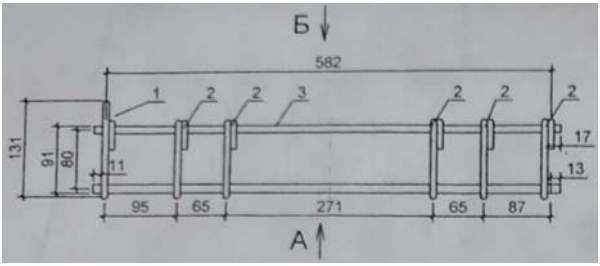


Рис. 2. Вид сбоку

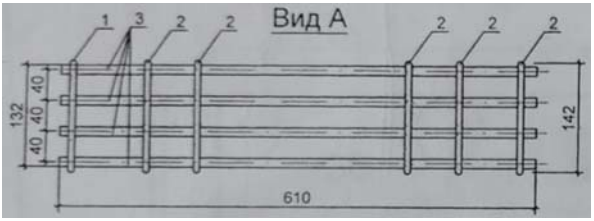


Рис. 3. Вид сверху

Расчетная схема на рис. 4, представляет из себя железобетонную полушпалу, которая опирается на стальную площадку пресса, нагрузка приложена сверху на стальную пластину (пресс).

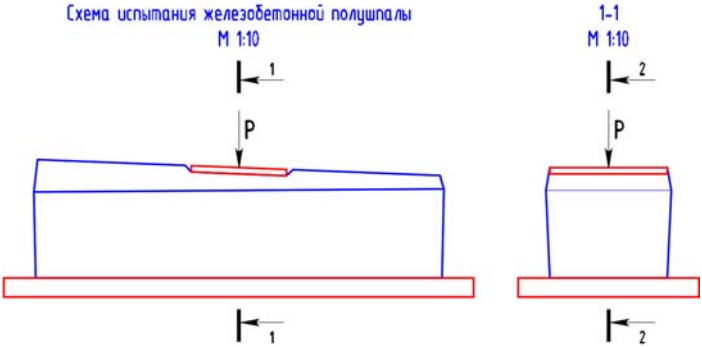


Рис. 4. Расчетная схема

Расчетная модель представлена на рис. 5, которая была замоделирована в SpaceClaim. Для железобетонного тела применен конечный элемент типа «solid 185/186». Для арматуры применен конечный элемент типа «beam 188», который преобразован в тип reinforcement в workbench.

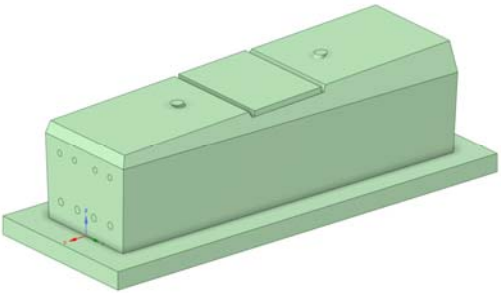


Рис. 5. Расчетная модель в SpaceClaim

Характеристики материалов заданы нелинейными. Для бетона принята экспоненциальная диаграмма работы в соответствии с приложением Г СП 63.13330.2018 [7]. Заданы характеристики бетона B40. Нормативные значения приведены на рис. 6.

Properties of Outline Row 4: Concrete B40

	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Material Field Variables	Table	
3	Density	2400	kg m^-3
4	Isotropic Elasticity		
5	Derive from	Young's Modu...	
6	Young's Modulus	36000	MPa
7	Poisson's Ratio	0,2	
8	Bulk Modulus	2E+10	Pa
9	Shear Modulus	1,5E+10	Pa
10	Menetrey-Willam		
11	Menetrey-Willam Base		
12	Uniaxial Compressive Strength	29	MPa
13	Uniaxial Tensile Strength	2,1	MPa
14	Biaxial Compressive Strength	34,8	MPa
15	Dilatancy Angle	13	degree
16	Softening		
17	Active Table	Exponential	
18	Plastic Strain at Uniaxial Compressive Strength	0,0014822	
19	Plastic Strain at Transition from Power Law to Exponential Softening	0,0027569	
20	Relative Stress at Start of Nonlinear Hardening	0,6	
21	Residual Relative Stress at Transition from Power Law to Exponential Softening	0,85	
22	Residual Compressive Relative Stress	0,2	
23	Mode 1 Area Specific Fracture Energy	155,55	N m^-1
24	Residual Tensile Relative Stress	0,1	

Рис. 6. Характеристики бетона в workbench

Для арматуры принята двухлинейная диаграмма в соответствии с СП 63.13330.2018 [6]. Заданы характеристики арматуры A500c. Нормативные значения приведены на рис. 7.

Properties of Outline Row 10: Rebar A500C

	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Material Field Variables	Table	
3	Density	7850	kg m^-3
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
5	Coefficient of Thermal Expansion	1,2E-05	C^-1
6	Isotropic Elasticity		
7	Derive from	Young's Modu...	
8	Young's Modulus	2E+05	MPa
9	Poisson's Ratio	0,3	
10	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa
11	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa
12	Multilinear Isotropic Hardening	Tabular	

	B	C
1	Plastic Strain (mm mm^-1)	Stress (MPa)
2	0	1E-10
3	0,0025	500
4	0,025	500
*		

Рис. 7. Характеристики арматуры в workbench

Приняты следующие контакты между элементами в модели: 1) между стальной пластиной (пресс) и железобетонной полушпалой вид контакта «Frictional» с значением 0.5; 2) между опорной стальной плитой и железобетонной полушпалой вид контакта «Frictional» с значением 0.5.

Приняты следующие граничные условия: 1) на нижнюю поверхность опорной стальной пластины задан вид «Fixed Support» моделирует жесткую заделку; 2) на верхнюю поверхность стальной пластины (пресс) задан вид «Displacement», которая ограничивает перемещения по X и Y.

Приняты следующие силовые воздействия на испытуемый образец: 1) собственный вес «Standard Earth Gravity»; 2) на верхнюю поверхность стальной пластины (пресс) задан «Force» с значением 1.35e+006 N (137.662 т).

Результаты и проблематика

Отказ сечения зафиксирован на 0.97907 секунде после начала испытания численной модели, несущая способность составила Pult = 1350000 · 0.97907 = 1321745 N = 134.78 т. Общие деформации на рис. 8.

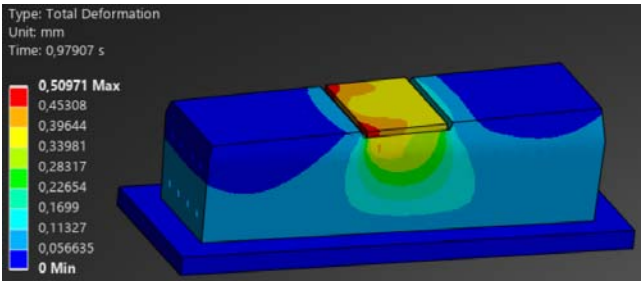


Рис. 8. Деформации испытуемого образца

Нормальные напряжения в бетоне по оси Z на рис. 9, по оси X на рис. 10. Относительные деформации в бетоне по оси Z на рис. 11, по оси X на рис. 12. Касательные напряжения в бетоне по оси XZ на рис. 13.

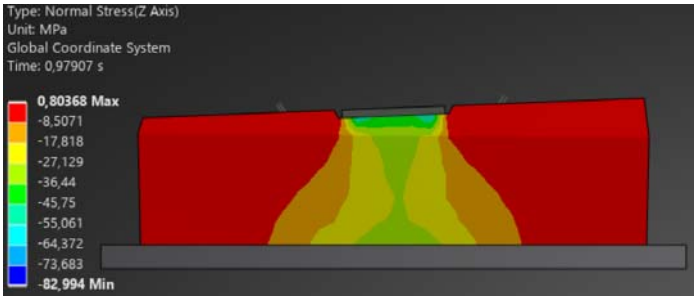


Рис. 9. Нормальные напряжения по Z

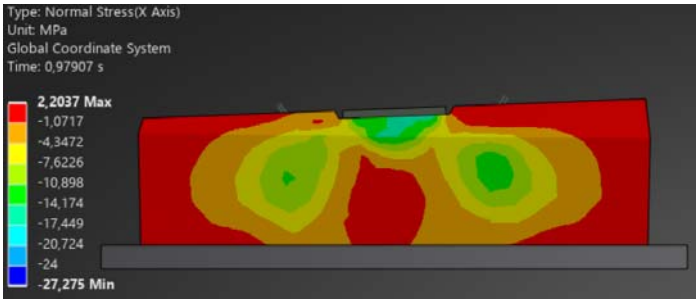


Рис. 10. Нормальные напряжения по X

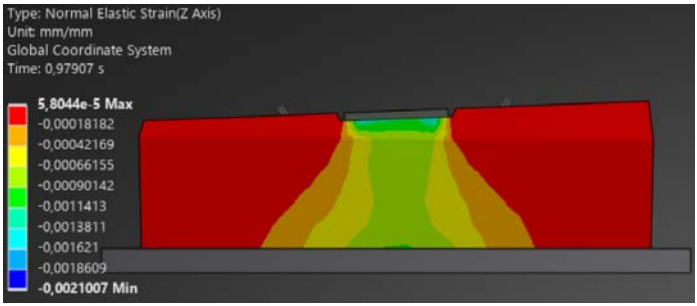


Рис. 11. Относительные деформации по Z

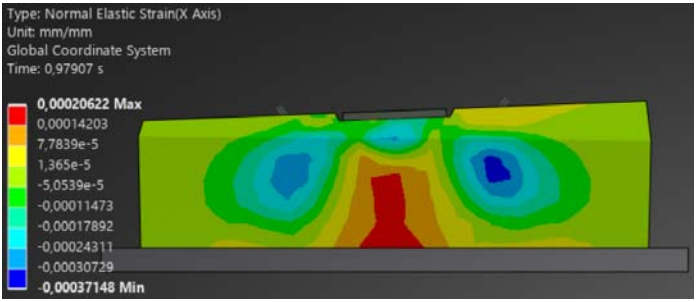


Рис. 12. Относительные деформации по X

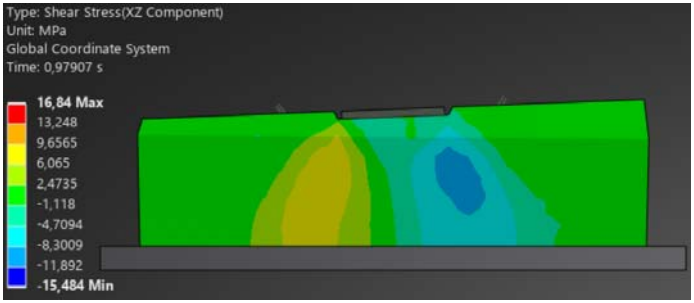


Рис. 13. Касательные напряжения по XZ

Эквивалентные напряжения (теория Мизеса) в арматуре на рис. 14.

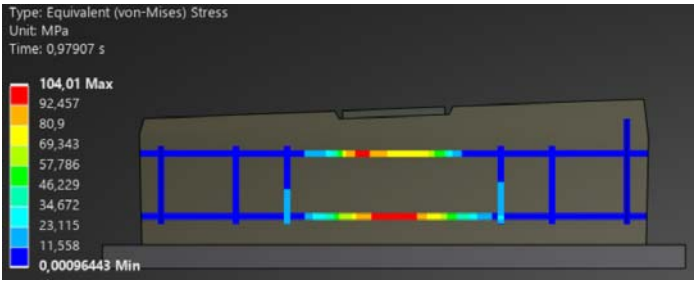


Рис. 14. Эквивалентные напряжения

Отказ сечения произошел по наклонной полосе при сжатии вследствие преодоления сопротивления сдвигу. Это видно на рис. 13 по изополям распределения касательных напряжений. Также это можно заметить на рис. 9 и рис. 11. Также наклонная полоса проявляется в зоне смены знака напряжений с сжатия в растяжения. При процессе загружения образца под грузовыми площадками происходит уплотнение тела с гранями и образуется клин. В процессе загружения в зоне сжатия образуются силовые трещины. Их можно

увидеть на рис. 10 и 12. Наиболее характерная трещина образуется, начиная с нижнего клина, который стремительно развивается к верхнему клину.

Заключение

Проведенные исследования железобетонной полушпалы позволили прийти к следующим заключениям.

1. Численные исследования позволяют определить несущую способность сечений и изополя напряжений и относительных деформаций бетона и арматуры.

2. На основе численного моделирования можно сформулировать модель разрушения образца и выявить его слабые участки.

3. Численные исследования позволяют модернизировать элементы строительных конструкций без дополнительных затрат на проведения экспериментальных исследований.

4. Авторами замеченные исследования железобетонных полушпал с использования виброизолирующих прокладок для сравнения несущей способности и характера разрушениях с задачей данной статьи и далее апробировать в экспериментальных исследованиях.

Список литературы

1. Савин, А. В. Критерии выбора конструкции безбалластного пути / А. В. Савин // Путь и путевое хозяйство. – 2014. – №2. – С. 2–8. – EDN RZPPUH.

2. Савин, А. В. Безбалластный путь и его основание / А. В. Савин, П. И. Дыдышко // Железнодорожный транспорт. – 2015. – №12. – С. 39–41. – EDN UYTEJX.

3. Дашевский, М. А. Эффективная виброзащита верхнего строения пути метрополитена / М. А. Дашевский, В. Л. Мондрус, В. В. Моторин // Academia. Архитектура и строительство. – 2017. – № 4. – С. 111-117. – EDN ZXIROH.

4. Чурсанова, И. А. Применение конструкции пути пониженной вибрации в России / И. А. Чурсанова, Г. А. Емельянова // Проблемы науки. – 2023. – №4 (78). – С. 51–56. – DOI 10.24411/2413-2101-2023-10403. – EDN JUYBTS.

5. Иванников, М. А. Железнодорожный путь на безбалластном основании / М. А. Иванников // Железнодорожный транспорт. – 2016. – №10. – С. 72–77. – EDN WWOWSL.

6. Мирсаяпов, И. Т. Численный анализ нелинейного поведения железобетонных конструкций на твердотельных моделях / И. Т. Мирсаяпов, Г. Т. Апхадзе, В. Д. Симаков. – Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – 211 с. – ISBN 978-5-7829-0607-8. – EDN FWGPIQ.

7. СП 63.13330.2018. «Бетонные и железобетонные конструкции». Основные положения.

8. Mirsayapov, I. T. Resistance of a composite beam in the area of bending moment and transverse forces / I. T. Mirsayapov, M. N. Pavlov // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2024. – No. 2 (111). – P. 11101. – DOI 10.4123/CUBS.111.1. – EDN EPZUDC.

9. Кошкаров, В. Е. Новая технология проектирования и строительства высокоскоростных железнодорожных магистралей / В. Е. Кошкаров, В. М. Самуйлов, Е. В. Кошкаров // Транспорт Урала. – 2018. – №4 (59). – С. 35–40. – DOI 10.20291/1815-9400-2018-4-35-40. – EDN YWYYLZ.

10. Замуховский, А. В. Оценка конструкций верхнего строения пути метрополитена по критериям надежности / А. В. Замуховский, Д. А. Погосян // Путь и путевое хозяйство. – 2020. – №12. – С. 15–17. – EDN DOKYFA.

11. Плешко, М. С. Анализ напряженного состояния безбалластной конструкции верхнего строения пути и обделки железнодорожного тоннеля / М. С. Плешко // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №1-2 (34). – С. 13. – EDN TXTMEH.

Сведения об авторах:

Мирсаяпов Илшат Талгатович – д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВО «Казанского государственного архитектурно-строительного университета», г. Казань, Россия. E-mail: mirsayapovit@mail.ru

Павлов Максим Николаевич – аспирант кафедры «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВО «Казанского государственного архитектурно-строительного университета», г. Казань, Россия. E-mail: pavlov.m.n@bk.ru

Мирсаяпов Арслан Илшатович – аспирант кафедры «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВО «Казанского государственного архитектурно-строительного университета», г. Казань, Россия. E-mail: arslan310792@mail.ru

Mirsayapov Ilshat Talgatovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures at Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia. E-mail: mirsayapovit@mail.ru

Pavlov Maksim Nikolaevich – Postgraduate Student of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures at Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia. E-mail: pavlov.m.n@bk.ru

Mirsayapov Arslan Ilshatovich – Postgraduate Student of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures at Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia. E-mail: arslan310792@mail.ru

Для цитирования:

Мирсаяпов И. Т. Численное исследование работы железобетонной полушпалы / И. Т. Мирсаяпов, М. Н. Павлов, А. И. Мирсаяпов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 187–195.

Citation:

Mirsayapov Il. T. Numerical study of the operation of a reinforced concrete half-pipe / Il. T. Mirsayapov, M. N. Pavlov, A. I. Mirsayapov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 187–195.

УДК: 539.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ СДВИГА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 3004 В СОСТОЯНИИ Н19

М.В. Петров,
О.А. Алексеева,
Б.В. Михайлов,
Е.Г. Гоник,
В.А. Иванов
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *экспериментальные исследования выполнены с целью определение модуля сдвига алюминиевого сплава 3004 в состоянии Н19 при кручении. Для экспериментальных исследований разработана и изготовлена специальная экспериментальная установка, позволяющая испытывать образцы на кручение. Образцы одним концом жестко закреплялись к стенке установки, на другой, свободный конец прикладывался крутящий момент, который осуществлялся равными ступенями таким образом, чтобы максимальное напряжение в образце не превышало 80% предела пропорциональности. При этом на каждой ступени нагружения регистрировали угол закручивания образца на расчетной длине. По экспериментальным данным получены прямолинейные графики зависимости угла закручивания от крутящего момента. Образцом являлась тонкостенная оболочка диаметром 63 мм, толщиной стенки 0,1 мм. Из прямолинейных графиков определяли угловой коэффициент, который равен модулю сдвига.*

Ключевые слова: *эксперимент, кручение, образец, установка, крутящий момент, угол закручивания, модуль сдвига.*

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE SHEAR MODULUS OF ALUMINUM ALLOY 3004 IN THE H19 STATE

Abstract: *experimental studies were carried out to determine the shear modulus of aluminum alloy 3004 in the H19 state during torsion. A special experimental setup has been developed and manufactured for experimental research, which allows testing samples for torsion. The samples were rigidly fixed to the wall of the installation with one end, and a torque was applied to the other, free end, which was carried out in equal steps so that the maximum voltage in the sample did not exceed 80% of the proportionality limit. At the same time, the twist angle of the sample at the calculated length was recorded at each loading stage. According to experimental data, rectilinear graphs of the dependence of the twist angle on the torque are obtained. The sample was a thin-walled shell with a diameter of 63 mm and a wall thickness of 0.1 mm. The angular coefficient, which is equal to the shear modulus, was determined from rectilinear graphs.*

Keywords: *experiment, torsion, sample, installation, torque, twist angle, shear modulus.*

Введение

Исследование выполнено в связи с практической необходимостью выполнения расчетов на прочность и устойчивость автоцистерн для перевозки сыпучих материалов, различных жидкостей, газов. Теоретические и экспериментальные исследования потери устойчивости тонкостенных цилиндрических оболочек при кручении выполнены в работах [1–9].

Для испытания на кручение разработана и изготовлена специальная экспериментальная установка, которая обеспечивает: свободное кручение образцов без каких-либо дополнительных нагрузок на образец в течение всего процесса испытания; центрирование образца в захватах с несоосностью не более 0,1 мм на каждые 100 мм; плавность статического нагружения (без толчков и ударов); свободное перемещение одного из захватов вдоль оси образца; измерение нагрузки с погрешностью, не превышающей ± 1% от величины измеряемой нагрузки, начиная с 0,2 наибольшего значения каждого диапазона, но не ниже 0,04 предельной нагрузки; измерение угла закручивания с погрешностью, не превышающей ±1° [10].

Целью исследований является экспериментальное определение модуля сдвига алюминиевого сплава марки 3004 в состоянии Н19 при кручении.

Материал и методы исследований

Для исследования на кручение изготовлена и собрана специальная экспериментальная установка рис. 1, рис. 2. Образец (1) одним концом жестко закреплялся к станине (2). Другой конец помещался в стенку (3), где мог свободно проворачиваться, а для придания жесткости на этот конец внутрь вставлялся металлический диск (4), к которому прикреплялся стержень (5) для создания крутящего момента. Перпендикулярно к оси образца (1) жестко прикреплялся стержень (6), к концу которого подходила ножка высококачественного микронного цифрового индикатора (7) для измерения перемещений. Для измерения усилия использовался динамометр (8). Усилия создавались гирями (9), которые укладывались на подвеску (10). Подвеска (10) соединялись с динамометром (8) и стержнем (5) на расстоянии 167 мм от продольной оси образца. Тем самым создавался крутящий момент.

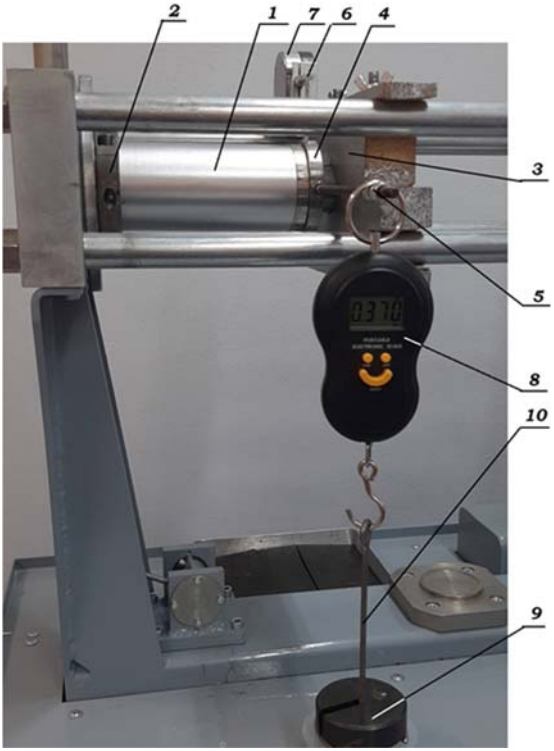


Рис. 1. Экспериментальная установка

Размеры образца: внешний диаметр – D=63,2 мм, внутренний диаметр – d=63 мм, расчетная длина – l=117 мм, толщина стенки – δ=0,1 мм.

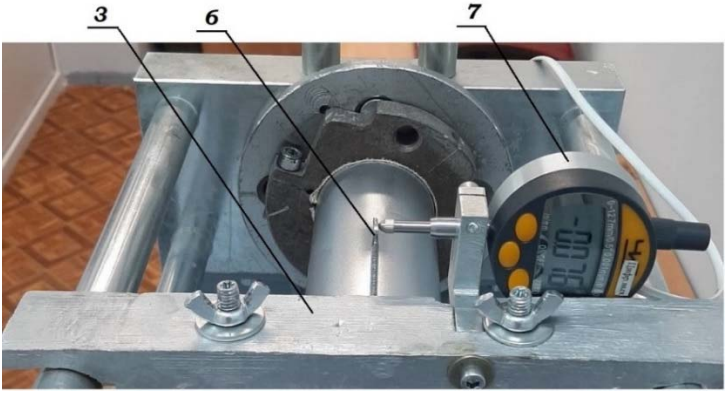


Рис. 2. Экспериментальная установка (вид сверху)

После сборки специальной экспериментальной установки (рис. 1, рис. 2) на подвес (10) устанавливался груз который создает крутящий момент, соответствующий начальному касательному напряжению, составляющему 10% предела пропорциональности материала для выбора зазоров в соединениях. Далее показания высококачественного микронного цифрового индикатора (7) устанавливали на «0», нажав кнопку «Zero». Нагружение образца крутящим моментом осуществляли равными ступенями таким образом, чтобы касательное напряжение в образце не превышало предела пропорциональности, и регистрировали на каждой ступени нагружения угол закручивания образца на его расчетной длине. Время регистрации угла закручивания не превышала 10 с. Показания динамометра (8) и микронного цифрового индикатора (7) записывали в журнал испытаний.

Результаты и проблематика

Для построения графика зависимости угла закручивания от крутящего момента по экспериментальным данным в начале необходимо определить полярный момент инерции образца согласно формуле (1) [10].

$$I_p = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot \delta}{4}\left[1 - \left(\frac{3 \cdot \delta}{D} + \frac{4 \cdot \delta^2}{D^2} - \frac{2 \cdot \delta^3}{D^3}\right)\right], \qquad (1)$$

Подставив значение внешнего диаметра образца и толщину стенки образца определили полярный момент инерции образца, который равен I_p=19722 мм^4.

Для построения графика зависимости угла закручивания от крутящего момента с учетом полярного момента инерции и расчетной длины исследуемого образца по экспериментальным данным, использовали средства Excel. В качестве примера на рис.3 приведен график зависимости угла закручивания от крутящего момента с учетом полярного момента инерции и расчетной длины $T = f\left(\frac{I_p}{l} \cdot \varphi\right)$ для одного из образца.

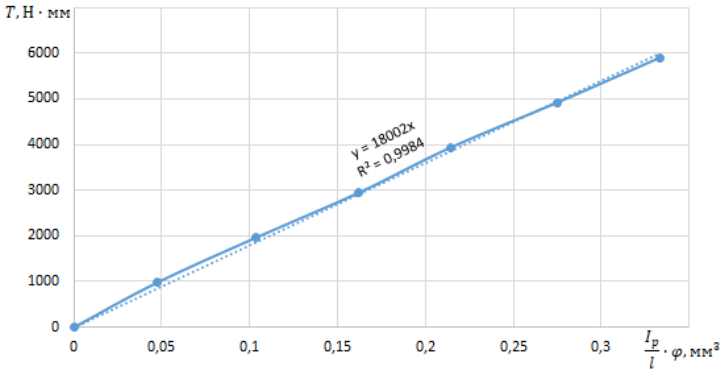


Рис. 3. График зависимости $T = f\left(\frac{I_p}{l} \cdot \varphi\right)$

Из графика (рис.3) определяем для данного образца угловой коэффициент равный 18002 Н/мм^2, т. е. модуль сдвига соответственно равно G=0,18·10^5 МПа.

Для получения среднестатистического значение модуля сдвига испытывались двенадцать образцов. Среднестатистическое значение модуля сдвига по двенадцати образцам G=0,203·10^5 МПа. Значение модуля сдвига для алюминиевых сплавов в справочной литературе G=0,26·10^5 МПа [11]. Разница между модулем сдвига полученным экспериментально и приведенным в справочной литературе связано с влиянием начальных отклонений для тонкостенных цилиндрических оболочек при кручении [1; 2]. В работе [2] приводится понижающий коэффициент расчетных значений из-за влияния начальных отклонений $\alpha_к$. Для наших образцов, у которых отношение радиуса срединной поверхности к толщине оболочки [2] составляет 315, коэффициент начальных отклонений $\alpha_к$=0,75.

Заключение

Из результатов экспериментов и приведенных в справочной литературе модуля сдвига видно, что разница между модулем сдвига полученным экспериментальным путем и значением в справочной литературе составляет около 25 %, что подтверждает влияние начальных отклонений для тонкостенных оболочек при испытании на кручение. Исходя из сказанного выше заключаем, что эксперименты выполнены с удовлетворительной точностью.

Список литературы

1. Вольмир, А. С. Устойчивость деформируемых систем / А. С. Вольмир. – Москва :Физматгиз, 1967. – 984 с.

2. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. – 4-е изд., перераб. и доп. –Москва : Машиностроение, 1993. – 640 с.

3. Вольмир, А. С. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А. С. Вольмир, Ю. П. Григорьев, А. И. Станкевич. – Москва : Дрофа, 2007. –591 с.

4. Ильюшин, А. А. Упругопластические деформации полых цилиндров / А. А. Ильюшин, П. М. Огибалов. –Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1960. –227 с.

5. Петров, М. В. Методика расчета на устойчивость тонкостенных цилиндрических оболочек, заполненных сыпучим материалом, при кручении / М. В. Петров, Б. В. Михайлов, Е. Г. Гоник // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов XXI Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения академика А.Н. Крылова (Чебоксары, 25 апреля 2023 г.). – Чебоксары : Московский политехнический университет, 2023. – С. 119–124. – EDN LFMKYK.

6. Петров, М. В. Экспериментальные исследования устойчивости тонкостенных цилиндрических оболочек средней длины, заполненных сыпучим материалом, при кручении / М. В. Петров, А. И. Кибец, Б. В. Михайлов [и др.] // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. – 2023. – Т. 19. №3. – С. 49-57. – DOI 10.22337/2587-9618-2023-19-3-49-57. – EDN LHABAO.

7. Петров, М. В. Приближенный метод расчета на устойчивость тонкостенных цилиндрических оболочек средней длины, заполненных сыпучим материалом, при кручении / М. В. Петров, А. И. Кибец, Б. В. Михайлов [и др.] // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2022. – №2 (52). – С. 10–18. – DOI 10.37972/chgpu.2022.52.2.002. – EDN JYAIGD.

8. Петров, М. В., Михайлов, Б. В., Гоник, Е. Г., Иванов, В. А. Экспериментальное исследование потери устойчивости тонкостенных цилиндрических оболочек с сыпучим заполнителем при кручении // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2021 г.). – Чебоксары: Среда, 2021. – С. 71-78. – EDN GUPRMI.

9. Петров, М. В. Устойчивость тонкостенных цилиндрических оболочек при кручении, заполненных сыпучим заполнителем / М. В. Петров, Б. В. Михайлов, Е. Г. Гоник // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2021. – №2(48). – С. 40–47. – DOI 10.37972/chgpu.2021.48.2.006. – EDN VKARNB.

10. ГОСТ 3565-80. «Металлы. Методы испытаний на кручение»: Государственный стандарт СССР: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 мая 1980 г. №2445. – URL: https://gostrf.com/normadata/1/4294852/4294852782.pdf (дата обращения: 01.01.2024).

11. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев. – Москва : РГБ, 2009. – 1 с. – EDN QNCGKR.

Сведения об авторах

Петров Михаил Васильевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: 21pmv@mail.ru

Алексеева Олеся Анатольевна – аспирант кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: aosk21@yandex.ru

Михайлов Борис Васильевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: boris.mihaylov.63@mail.ru

Гоник Екатерина Григорьевна – канд. техн. наук, доцент кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: katya.gonik@mail.ru

Иванов Виктор Анатольевич – старший преподаватель кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: 2605viktor@mail.ru

Petrov Mikhail Vasilyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Building Structures, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: 21pmv@mail.ru

Alekseeva Olesya Anatolevna – Postgraduate Student Department of Building Structures, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: aosk21@yandex.ru

Mikhailov Boris Vasilyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: boris.mihaylov.63@mail.ru

Gonik Ekaterina Grigoryevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: katya.gonik@mail.ru

Ivanov Viktor Anatolyevich – Senior Lecturer, Department of Building Structures, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: 2605viktor@mail.ru

Для цитирования:

Петров, М. В. Экспериментальное определение модуля сдвига алюминиевого сплава 3004 в состоянии Н19 / М. В. Петров, О. А. Алексеева, Б. В. Михайлов [и др.] // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 196–202.

Citation:

Petrov M. V. Experimental determination of the shear modulus of aluminum alloy 3004 in the H19 state / M. V. Petrov, O. A. Alekseeva, B. V. Mikhailov, E. G. Gonik, V. A. Ivanov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 196–202.

УДК 624.012.4.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ БАЛОК С РАЗНЫМ ПРОЦЕНТОМ АРМИРОВАНИЯ

А.Н. Плотников,
Н.Н. Аринина,
Б.В. Михайлов
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н.Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье говорится о разработке методики моделирования методом конечных элементов пересекающихся железобетонных балок. Приведена реализация нелинейной работы железобетона и прослежено перераспределение усилий между направлениями балок. Использован специальный конечный элемент, учитывающий неравномерность напряжений по длине арматуры растянутой зоны балок. Моделируется не арматура, а зона влияния арматуры. Получено, что близкие результаты распределения усилий между направлениями дают соотношения реакций опор и напряжения сжатой кромки. Зафиксированы перераспределения усилий по разным параметрам – на 23–32%. В арматуре зафиксированы значительные перетекания напряжений по ее длине.*

Ключевые слова: *пересекающиеся балки, перераспределение усилий, нелинейная работа железобетона, конечные элементы, армирование, деформации, напряженное состояние.*

FEM MODELING OF INTERSECTING BEAMS WITH DIFFERENT REINFORCEMENT PERCENTAGES

Abstract: *the article discusses the development of a finite element modeling technique for intersecting reinforced concrete beams. The nonlinear operation of reinforced concrete is implemented and the redistribution of forces between beam directions is traced. A special finite element is used that takes into account the unevenness of stresses along the length of the reinforcement of the tensile zone of the beams. It is not the reinforcement that is modeled, but the reinforcement influence zone. It is found that close results of the distribution of forces between directions are given by the ratios of support reactions and the stress of the compressed edge. Redistribution of forces by different parameters is recorded - by 23–32%. Significant stress flows along the length of the reinforcement are recorded.*

Keywords: *intersecting beams, redistribution of forces, nonlinear behavior of reinforced concrete, finite elements, reinforcement, deformations, stress state.*

Введение

Железобетонные конструкции могут работать при разных уровнях нагрузки относительно предельной, что может быть предусмотрено проектировщиком или нагрузка может увеличиться в процессе эксплуатации, а также жесткость элементов конструкции может измениться. Многие ведущие исследователи начала современной теории железобетона, прежде всего А.А. Гвоздев [1], С.М. Крылов [2], В.И. Мурашев [3], А.А. Дыховичный [4], современные исследователи, например, Д.Н. Трёкин [5], О.В. Радайкин [6] описывали нелинейный характер работы железобетона.

В ряду публикаций [7–10], посвященных напряженно-деформированному состоянию пересекающихся железобетонных балочных систем, кессонных перекрытий, на разных стадиях работы, прослеживался нелинейный характер их работы с перераспределением усилий. Однако, механизм этой работы полностью раскрыт не был.

Кроме необходимых работ по физическому эксперименту необходимо провести моделирование этих процессов методом конечных элементов, что позволит в дальнейшем при успешной верификации реализовывать компьютерное моделирование пересекающихся балочных систем.

В представляемой работе проведено моделирование плоскими пластинчатыми конечными элементами малых размеров с наложением диаграмм бетона и около-арматурной зоны с учетом неравномерного распределения напряжений по длине арматуры.

Материалы и методы исследований

Работа железобетонных пересекающихся в узле балок реализована с учетом плоского напряженного состояния, без учета усилий кручения, пластинчатыми элементами 20х20 мм, ширина балки моделируется толщиной такой пластины. Арматура при этом не задается, а моделируется около-арматурной зоной с диаграммой, представленной в работе данного сборника «К вопросу моделирования методом конечных элементов статически неопределимых железобетонных конструкций». Деформации данной зоны определяются по зависимости $\varepsilon_B = \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s}$.

Поскольку одинаковое продольное армирование приводит к одинаковому распределению напряжений между пересекающимися балками, этот вариант в данной статье не рассматривается. Моделируется армирование в разных балках, отличающееся в два раза, $A_{sx} = 2$ см^2, $A_{sy} = 4$ см^2. Остальные параметры: пролеты по 3 м, сечение одинаковое 10х30 см (рис. 1), бетон класса В30, арматура А400.

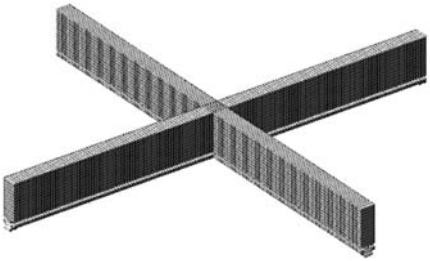


Рис. 1. Пространственный вид пересекающихся балок

Для отслеживания перераспределения усилий между балками через опорные реакции введены стержневые элементы в зонах опор, моделирующие динамометры (рис. 2).

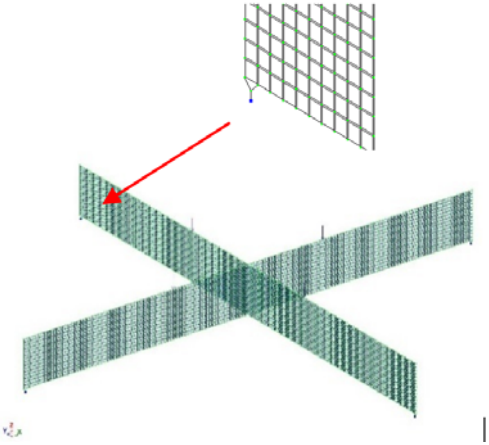


Рис. 2. Конечно-элементная модель пересекающихся балок

Нагрузка приложена сосредоточенными силами в третях пролетов, максимальной величиной P = 50 кН, всего 4 таких силы. Реализована нелинейная задача в 10 ступеней нагружения.

Прослеживать перераспределение усилий между направлениями возможно через изменение напряжений в продольной арматуре, в бетоне сжатой зоны, что широко не освещается в литературе, можно через опорные реакции, что апробировано, например, С.М. Крыловым [2].

Результаты и проблематика

Результаты моделирования пластинчатой системой нагружением пошагово с имитацией слоя армирования в растянутой зоне балок двух направлений представлены серией графиков. Прогиб оставался линейно

нарастающим только до 4 – ступени нагружения (рис. 3). К 9-й степени конструкция практически перешла в пластическую стадию.

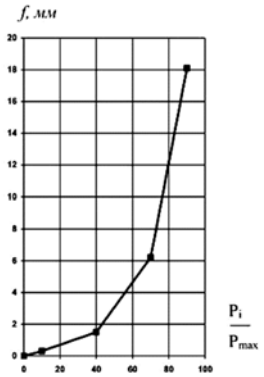


Рис. 3. График прогиба системы в узле пересечения

Рост напряжений в растянутой арматуре и сжатой кромке бетона представлен на рис. 4. Напряжения растянутой арматуры показывают нелинейный характер, в направлении X, где расположена меньшая по площади арматура на 9-й ступени проявляется текучесть. В направлении Y это явление наступает позже. В направлении X напряжения опережают, хотя сила N_s как произведение напряжения на площадь сечения больше почти в два раза. В предельном состоянии по прочности силы N_s практически выравниваются. Это подтверждает анализ напряжений по сжатой кромке бетона (рис. 4).

По относительным величинам (рис. 5) сопоставляются несколько параметров между направлениями: по напряжениям в центральном сечении балок, по сжатой кромке здесь же, по равнодействующей силе в сжатой зоне, по опорным реакциям. Наиболее близкими оказались величины соотношения по сжатой кромке и опорным реакциям.

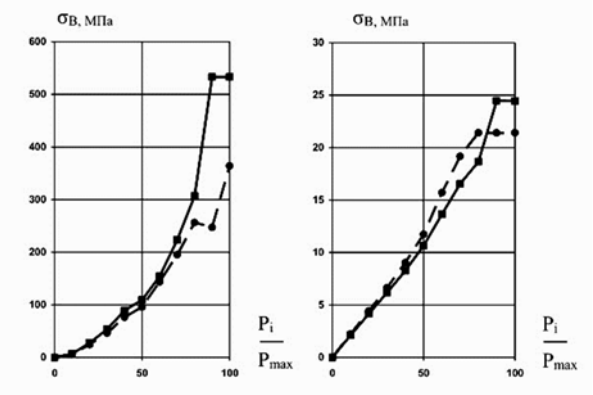


Рис. 4. Распределение напряжений в арматуре и сжатой кромке бетона: направление X – сплошная линия, по Y – пунктирная

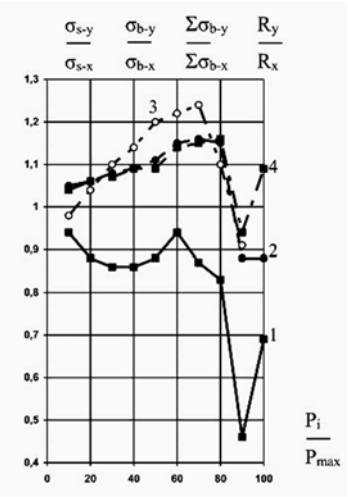


Рис. 5. Соотношения распределения между направлениями:
1 – по напряжениям в центральном сечении балок,
2 – по сжатой кромке здесь же, 3 – по равнодействующей силе в сжатой зоне, 4 – по опорным реакциям

Перераспределение усилий в процессе нагружения по опорным реакциям доходит до 10% в обе стороны от первоначального положения, практически до 23%. По равнодействующей в сжатой зоне – в 32%, по напряжениям в арматуре – практически в 2 раза.

При анализе напряженно-деформированного состояния конструкции важна визуализация распределения напряжений. Для рассматриваемого случая визуализация дана на рис. 6.

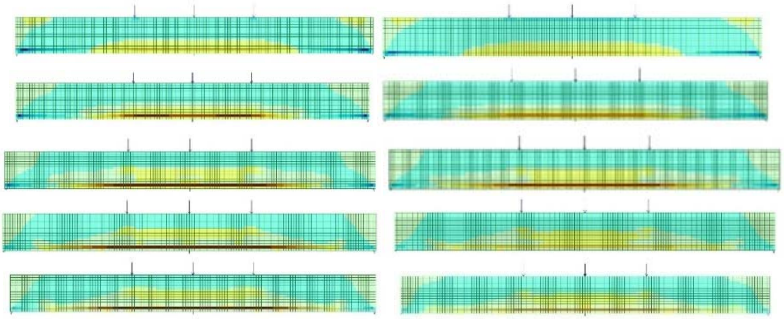


Рис. 6. Распределение напряжений по боковой поверхности балок слева – в направлении X, справа – в направлении Y, по ступеням нагружения: 1, 4, 7, 9, 10-й

Анализ результатов показал, что нелинейная работа с перераспределением усилий в пересекающихся балках начинается одновременно при проявлении неупругой работы бетона и образования трещин в растянутой зоне. Процесс перераспределения усилий может быть в данном случае ограничен 8-й ступенью нагружения, т. е. развитие текучести в направлении X, характеризующимся меньшей площадь армирования.

Рост напряжений, что видно по рис. 6, показывает развитие максимумов от центра к опорам, на 4-й ступени направления X видно перетекание напряжений в трети пролета, затем возвращение максимума в центр, по направлению Y – сначала рост напряжений, затем уменьшение при перераспределении напряжений.

Заключение

Метод конечных элементов с использованием специального конечного элемента, учитывающего неравномерность напряжений по длине продольной арматуры позволяет моделировать нелинейную работу пересекающихся железобетонных балок.

Близкие результаты распределения усилий между направлениями показывают соотношения реакций опор и напряжения сжатой кромки.

В модели зафиксированы перераспределения усилий по разным параметрам – на 23–32%.

В арматуре зафиксированы значительные перетекания напряжений по ее длине.

Список литературы

1. Гвоздев, А. А. О перераспределении усилий в статически неопределимых железобетонных обычных и предварительно напряженных конструкциях / А. А. Гвоздев. – Москва : Гос. Изд-во лит-ры по стр-ву и архитектуре, 1955. – 29 с.

2. Крылов, С. М. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях / С. М. Крылов. – Моска : Изд-во литературы по строительству, 1964. – 168 с.

3. Мурашев, В. И. Трещиноустойчивость, жесткость и прочность железобетона (Основы сопротивления железобетона) / В. И. Мурашев. – Москва : Изд-во министерства строительства и предприятий машиностроения, 1950. – 268 с.

4. Дыховичный А. А. Статически неопределимые железобетонные конструкции / А. А. Дыховичный. – К.: Будівельник, 1978. – 108 с.

5. Трёкин, Д. Н. Расчет нелинейного деформирования и трещиностойкости железобетонных изгибаемых элементов: дис. … канд.техн.наук: 05.23.01 / Трекин Дмитрий Николаевич. – Москва, 2020. – 170 с.

6. Карпенко, Н. И. Проектирование бетонных, железобетонных и армокаменных элементов и конструкций с применением диаграммных методов расчета / Н. И. Карпенко, Б. С. Соколов, О. В. Радайкин. – Москва : АСВ, 2023. – 194 с.

7. Плотников, А. Н. Прочность и деформативность перекрестно-ребристого перекрытия с учетом перераспределения усилий: дис. … канд.техн.наук: 05.23.01. / Плотников Алексей Николаевич. – Москва, 2013. – 268 с.

8. Плотников, А. Н. Призма узла пересекающихся железобетонных элементов как связь влияния на усилия в системе / А. Н. Плотников, Н. Н. Аринина, М. Ю. Иванов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: материалы VI Междунар. (XII Всерос.) конф. (Чебоксары, 23–24 ноября 2022 г.). – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 104–113.

9. Плотников, А. Н. Усилия пересекающихся изгибаемых железобетонных элементов при нелинейном изменении жесткости / А. Н. Плотников // «Лолейтовские чтения-150». Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора, автора методики расчета железобетонных конструкций по стадии разрушения, основоположника советской научной школы теории железобетона, основателя и первого заведующего кафедрой железобетонных конструкций Московского инженерно-строительного института (МИСИ) А.Ф. Лолейта (Москва, 30 ноября 2018 г.) / под ред. А. Г. Тамразяна. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 346–350. – EDN VXRZDC.

10. Плотников, А. Н. Несущая способность железобетонных кессонных перекрытий с учетом пластических деформаций ребер / А. Н. Плотников // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия (Москва, 19–20 апреля 2016 г.) / под ред. А. Г. Тамразяна, Д. Г. Копаницы. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2016. – С. 348–353. – EDN VXXKQB.

Сведения об авторах:

Плотников Алексей Николаевич – заведующий кафедрой строительных конструкций, декан строительного факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru

Аринина Надежда Николаевна – старший преподаватель кафедры строительных конструкций, аспирант ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: mirontik@mail.ru

Михайлов Борис Васильевич – доцент кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: boris.mihaylov.63@mail.ru

Plotnikov Alexey Nikolaevich – Head of the Department of Building Structures, Dean of the Faculty of Civil Engineering, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru

Arinina Nadezhda Nikolaevna – Senior Lecturer of the Department of Building Structures, Post-Graduate Student, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: mirontik@mail.ru

Mikhailov Boris Vasilievich – Associate Professor of the Department of Building Structures, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: boris.mihaylov.63@mail.ru

Для цитирования:

Плотников, А. Н. Моделирование методом конечных элементов пересекающихся балок с разным процентом армирования / А. Н. Плотников, Н. Н. Аринина, Б. В. Михайлов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 203–210.

Citation:

Plotnikov A. N. Finite element modeling of intersecting beams with different reinforcement percentages / A. N. Plotnikov, N. N. Arinina, B. V. Mikhailov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 203–210.

УДК 624.072.232

ДЕФОРМАЦИИИ И УСИЛИЯ МНОГОПРОЛЕТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ИСХОДЯ ИЗ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЖЕСТКОСТИ СЕЧЕНИЙ

А.Н. Плотников,
В.А. Бурцев,
Б.В. Михайлов
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье описывается методика нелинейного моделирования неразрезной многопролетной железобетонной балки в сопоставлении стержневой и пластинчатой модели. Реализуется метод конечных элементов с использованием специального конечного элемента, учитывающего неравномерность напряжений по длине арматуры растянутой зоны. Прослежено перераспределение усилий между опорами и пролетами. Отмечается перераспределение усилий в 4 раза.*

Ключевые слова: *многопролетная балка, перераспределение усилий, нелинейная работа железобетона, конечные элементы, армирование, деформации, напряженное состояние.*

DEFORMATIONS AND FORCES OF A MULTI-SPAN REINFORCED CONCRETE BEAM DETERMINED BASED ON THE CHANGING RIGIDITY OF THE SECTIONS

Abstract: *The article describes the methodology of nonlinear modeling of a continuous multi-span reinforced concrete beam in comparison with the rod and plate model. The finite element method is implemented using a special finite element that takes into account the unevenness of stresses along the length of the reinforcement of the tension zone. The redistribution of forces between supports and spans is traced. A redistribution of forces by 4 times is noted.*

Keywords: *multi-span beam, redistribution of forces, nonlinear behavior of reinforced concrete, finite elements, reinforcement, deformations, stress state.*

Введение

В железобетонных конструкциях принято производить расчет многопролетных балок и ригелей с учетом образования частичных пластических шарниров в предельном состоянии по прочности. Распределение усилий при этом происходит от заданного снижения несущей способности по изгибающему моменту в наиболее нагруженном сечении на 30% в соответствии с [1]. В то же время достаточно широко применяется расчет

многопролетных балок методами строительной механики без учета внутренней структуры железобетонных конструкций. Последний из названных методов широко применяется в компьютерных программах, а с учетом свойств железобетона практически нет [2; 3].

Результаты различных по постановке задачи методов, конечно же, отличаются и по усилиям, и по деформациям. Задачей совершенствования методов расчета железобетонных статически неопределимых конструкций является преодолеть различия в подходах двух методов, особенно в свете того, что в период написания инструкции [1] не было компьютерных расчетов строительных конструкций.

Материалы и методы исследований

В статически неопределимых железобетонных конструкциях есть связь между характерными сечениями, выражающаяся в перераспределении усилий при изменении жесткости какого-либо сечения, или области элемента.

На основе [1] во всей учебной литературе дается следующая зависимость для многопролетных балок:

$$\frac{M_1+M_2}{2} - M_0 = M_{l(1-2)} \quad (1)$$

где M_1 и M_2 – опорные изгибающие моменты;

$M_0 = \frac{gl^2}{8}$ – изгибающий момента условной простой балки;

$M_{l(1-2)}$ – пролетный изгибающий момент неразрезной балки.

Приведенная зависимость применяется для балок, рассчитываемых всеми методами – и в строительной механике, и для железобетонных. На основе этой зависимости определяются и прогибы многопролетных балок.

В последнее время ведутся работы по поиску методов установления зависимости между сечениями на основе связей по внутренней структуре железобетонных элементов. Например, в работе Robin G. Tuchscherer, David B. Birrcher, and Oguzhan Bayrak [4] показана связь в виде «Strut-and-Tie-Model» (модели тяжей и распорок) между зонами сжатия (рис. 1). Эта методика получила широкое распространение в зарубежной литературе и применяется в отечественных исследованиях [5; 6; 10–11].

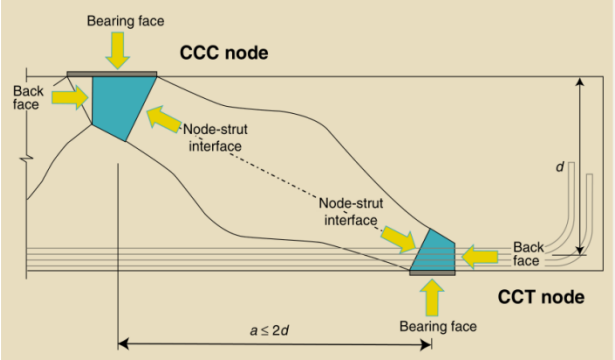


Рис. 1. Связь между зонами сжатия в железобетонном элементе

В связи с широким распространением компьютерных методов расчета, основанных на методе конечных элементов (МКЭ), широко практикуется физически линейный подход, или нелинейный, основанный на диаграммах деформирования бетона. Однако жесткость железобетонных элементов при этом снижается не так радикально, как с развитием трещин.

В стадиях нелинейной работы жесткость определяется в соответствии с СП 63.13330.2018 как:

$$D = E_{s,red} A_s z (h_0 - x_m) \quad , \qquad (2)$$

где $E_{s,red} = {E_s}/{\psi_s}$, плечо сил в сечении принято $z = h_0 - \chi x_m$.

По данным классической работы В.И. Мурашева [7] при раскрытии трещин жесткость элемента снижается в 2–3 раза, а перед разрушением практически в 6 раз. Влияние трещин при этом значительно ощущается для слабоармированных элементов, для сильноармированных жёсткость снижается в основном за счет неупругой работы бетона сжатой зоны.

При реализации, например, 4-х пролетной балки МКЭ с равномерно распределённой нагрузкой получаются следующие изгибающие моменты (рис. 2) и прогибы (рис. 3).

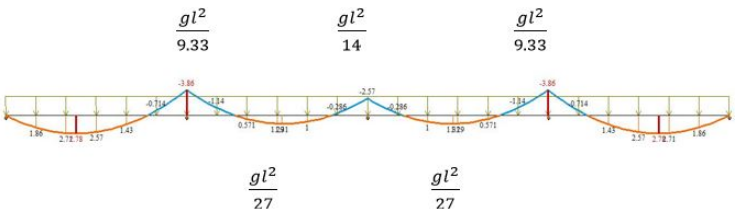


Рис. 2. Распределение изгибающих моментов в упругой задаче

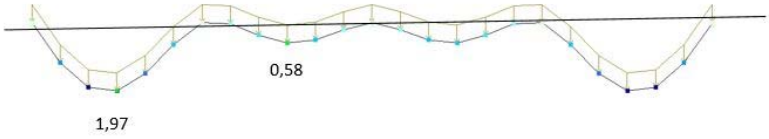


Рис. 3. Прогибы в упругой задаче

Результаты и проблематика

При образовании и раскрытии нормальных трещин в сечениях балки ее жесткость в этих сечениях снижается. Нагрузка в рассматриваемой задаче принята не увеличивающаяся, что демонстрирует своеобразную цепную реакцию последовательного образования трещин в разных сечениях балки и последовательного снижения ее жесткости.

Если принять момент образования трещин для рассматриваемой задачи $\frac{gl^2}{24}$, то снижение жесткости элементов балки, вызванное образованием трещин начнется не по всей длине балки, а в зоне действия максимальных моментов. Сначала изменятся жесткости в зоне первых промежуточных опор. Исходя из [1] на данном этапе жесткость приопорных зон снижается в 1,3 раза. С развитием трещинообразования происходит дальнейшее снижение жесткости, до двух раз (рис. 4).

При этом общее снижение жесткости, если судить по увеличению прогибов в крайних и промежуточных пролетах происходит соответственно в 1,18 и 1,43 раза.

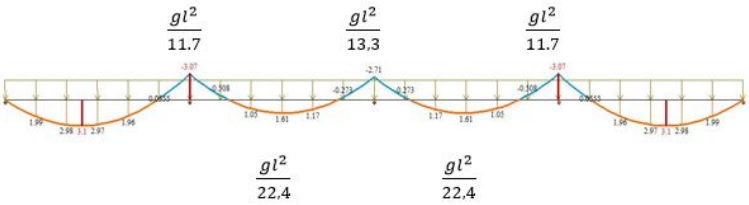


Рис. 4. Распределение изгибающих моментов на начальном этапе в упруго-пластической задаче

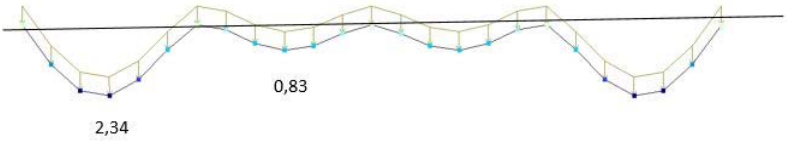


Рис. 5. Прогибы на начальном этапе в упруго-пластической задаче

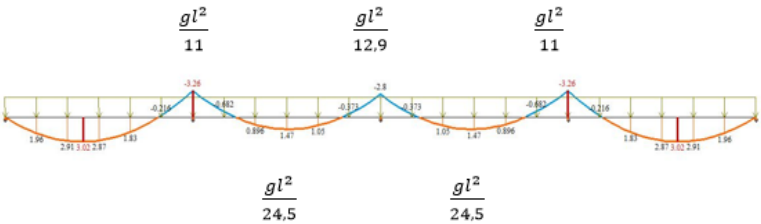


Рис. 6. Распределение изгибающих моментов этапе развития упруго-пластической задачи

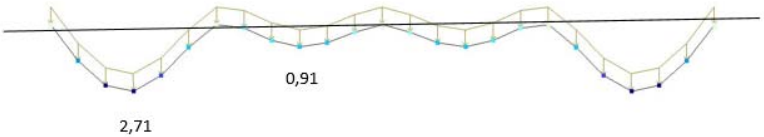


Рис. 7. Прогибы на этапе развития упруго-пластической задачи

Результаты и проблематика

Как следует из приведенных эпюр, величины изгибающих моментов снижаются при уменьшении жесткости, вызванном трещинообразованием на первой опоре в 1,18 раза, на промежуточной опоре – в 1,09 раза, в промежуточном пролете – в 1,2 раза, с последующим возвратом снижения до 1,1 раза. Прогибы при этом последовательно увеличиваются в первом пролете в 1,38 раза, в промежуточном пролете – в 1,57 раза.

Решение задач железобетонной неразрезной балки с перераспределением усилий, практикуемое с 1960-х гг. до нынешнего времени практически основывается на методах строительной механики и более определенно в предельном состоянии по прочности. При этом задается значение изгибающего момента, соответствующего пластическому шарниру со снижением жесткости на 30% от упругого решения [1].

В соответствии с этой методикой в стадии наступления пластического шарнира, фактически по первому предельному состоянию, на промежуточных опорах и в пролетах принимается одинаковое значение моментов $\frac{gl^2}{16}$.

Необходимость расчета неразрезных балок на всех стадиях НДС требует определения жесткости элементов и их взаимного влияния непосредственно из параметров состояния сечений: количества и диаметра арматуры, ширины раскрытия трещин, коэффициентов Мурашева и Коковина (или параметров диаграммного метода). Об этом в частности говорится в работах [8; 9].

Кроме уже упомянутого метода «тяжей и распорок» связь между зонами сжатия демонстрирует анализ балок и плит на сопротивление мембранным усилиям, вызванным распором.

Важным фактором, который необходимо учитывать при расчете методом КЭ, является перераспределение усилий не только между сечениями, но и по высоте самих сечений. Проследить это перераспределение можно только моделируя балки кубиковыми или пластинчатыми КЭ.

Прежде всего, необходимо убедиться в адекватности моделирования двумерными и трехмерными КЭ классических стержневых схем многопролетных балок. При этом считаем, что стержневые модели адекватны аналитическим задачам строительной механики при корректном задании граничных условий (подвижных и неподвижных шарниров).

При сопоставлении моделей примем, что соотношение изгибающих моментов на опорах и в пролетах соответствует соотношению равнодействующих продольных сил в этих же сечениях, будем рассматривать силы сжатия.

Соотношение изгибающих моментов стержневой модели при исходной равной жесткости сечений на первой опоре и втором пролете составляет k=2,9.

Моделирование данной неразрезной балки пластинчатыми элементами проведено с размером пластин 0,1х0,1 м, ширина балки моделируется толщиной такой пластины 0,2 м. Сечение балки 0,2х0,5 м. Арматура принята одинаковая вверху и внизу и составляет A_s = 10 см^2. Бетон класса В30, арматура А400. Арматура физически не задается, а моделируется около-арматурной зоной с диаграммой, представленной в работе данного сборника «К вопросу моделирования методом конечных элементов статически неопределимых железобетонных конструкций». Деформации данной зоны определяются по зависимости $\varepsilon_B = \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s}$.

Нагрузка равномерно распределенная, в модели она приложена в каждом узле как сосредоточенная сила P = 7 кН. Она прикладывается ступенчато.

Результаты анализа показывают нелинейную работу пластинчатой модели с перераспределением усилий между опорами и пролетами. На данном этапе исследований представлена картина напряженно-деформированного состояния только на 1-й и 10-й ступенях нагружения.

На первой ступени нагружения прогиб во втором пролете составил 0,63 мм, ожидаемый из условия упругой работы 6,3 мм, однако на 10-й ступени получен прогиб 18 мм, что в 3 раза больше упругого, следовательно, развиваются значительные пластические деформации (рис. 8).

Рис. 8. Распределение прогибов между пролетами на 10-й ступени нагружения

Распределение усилий между опорами и пролетами оценивалось по соотношению напряжений сжатых элементов. На 1-й ступени нагружения, в стадии упругой работы напряжения на 2-й промежуточной опоре 26 МПа, что в 2 раза больше чем в пролете – 13 МПа (рис. 9). Это полностью соответствует распределению изгибающих моментов по стержневой модели на этапе начала развития упругопластических деформаций и совпадает с рис. 6.

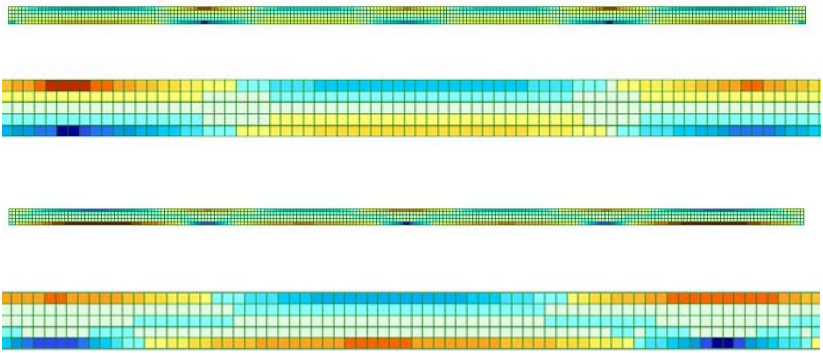


Рис. 9. Развитие напряжений в элементах балки (в целом и отдельно 2-й пролет) на 1-й и 10-й ступенях нагружения.

По рис. 9 видно, что идет перераспределение усилий с ростом нагрузки с максимумов на опорах к максимумам в пролетах. На 10-й ступени распределение усилий меняется совершенно: на опоре 218 МПа, в пролете 398 МПа, что больше в 2 раза. Реализуется совершенно пластическое решение.

Заключение

В работе реализовано использование специального конечного элемента при моделировании пластинами. Этот элемент учитывает неравномерность напряжений по длине продольной арматуры.

В целом нелинейное моделирование пластинами соответствует стержневому при ручном задании снижения жесткости исходя из классических рекомендаций, однако пластины позволяют решить задачу автоматически.

Перераспределение усилий в представленной модели происходит с превышения на опоре относительно пролета в 2 раза, до 0,5 раза, т. е., в 4 раза.

Список литературы

1. Инструкция по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций с учетом перераспределения усилий. Издание II. – Москва : Гос. Изд-во лит. По Стр-ву, архит. И стр. мат., 1961. – 111 с.

2. Барабаш, М. С. Нелинейная строительная механика с ПК ЛИРА-САПР / М. С. Барабаш, Н. Н. Сорока, Н. Г. Сурьянинов. – Москва: АСВ, 2023. – 236 с.

3. Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 360 с.

4. Robin, G. Tuchscherer, David B. Birrcher, and Oguzhan Bayrak. Strut-and-tie model design provisions // PCI Journal. Winter. – 2011. – P. 155–170.

5. Adisorn Owatsiriwong, D.Eng. Strut-and-Tie-Modeling in Reinforced Concrete Structures. Basics and Applications / ALPS Consultants, Bangkok, Thailand. Revised: 05.02.2013.

6. Баранова, Т. И. Каркасно-стержневые расчетные модели и инженерные методы расчета железобетонных конструкций / Т. И. Баранова, А. С. Залесов. – Москва : АСВ, 2003. – 240 с.

7. Мурашев, В. И. Трещиностойкость, жесткость и прочность железобетона / В. И. Мурашев. – Москва, 1950. – 268 с.

8. Плотников, А. Н. Прочность и деформативность перекрёстно-ребристого перекрытия с учётом перераспределения усилий: специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»: дис. … канд. техн. наук / Плотников Алексей Николаевич. – Москва, 2013. – 268 с. – EDN SVAHAN

9. Плотников, А. Н. Плечо пары сил в сечении железобетонного изгибаемого элемента на всех стадиях напряженного состояния / А. Н. Плотников, Н. В. Иванова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2019: сб. ст. по материалам конференции с междунар. участием. – Чебоксары : Среда, 2019. – С. 52–60.

10. Плотников, А. Н. Усилия пересекающихся изгибаемых железобетонных элементов при нелинейном изменении жесткости / А. Н. Плотников // «Лолейтовские чтения-150». Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора, автора методики расчета железобетонных конструкций по стадии разрушения, основоположника советской научной школы теории железобетона, основателя и первого заведующего кафедрой железобетонных конструкций Московского инженерно-строительного института (МИСИ) А.Ф. Лолейта (Москва, 30 ноября 2018 г.) / под ред. А. Г. Тамразяна. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 346–350. – EDN VXRZDC.

11. Плотников, А. Н. Моделирование методом конечных элементов (МКЭ) железобетона при кручении с изгибом / А. Н. Плотников // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. – 2010. – Т. 6. №1-2. – С. 177–178. – EDN PZEWRL

Сведения об авторах:

Плотников Алексей Николаевич – заведующий кафедрой строительных конструкций, декан строительного факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru;

Бурцев Владимир Алексеевич – ассистент кафедры строительных конструкций, аспирант ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: vovik187@mail.ru

Михайлов Борис Васильевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: boris.mihaylov.63@mail.ru

Plotnikov Alexey Nikolaevich – Associate Professor of the Department of Building Structures, Dean of the Faculty of Civil Engineering, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru

Burtsev Vladimir Alekseevich – assistant of the department of building structures, postgraduate student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: vovik187@mail.ru

Mikhailov Boris Vasilyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: boris.mihaylov.63@mail.ru

Для цитирования:

Плотников А. Н. Деформации и усилия многопролетной железобетонной балки, определяемые исходя из изменяющейся жесткости сечений / А. Н. Плотников, В. А. Бурцев, Б. В. Михайлов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 211–219.

Citation:

Plotnikov A. N. Deformations and forces of a multi-span reinforced concrete beam determined based on the changing rigidity of the sections / A. N. Plotnikov, V. A. Burtsev, V. B. Mikhailov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 211–219.

УДК 624.044.3.; 624.072.232

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.Н. Плотников,
Н.В. Иванова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье дается краткий обзор нелинейного моделирования методом конечных элементов, дается метод учета неравномерности напряжений по длине арматурных стержней введением в приведенный конечный элемент коэффициента Мурашева. Проводится сопоставление при моделировании с учетом полученных свойств конечного элемента с классическим примеров. Прослеживается диапазон перераспределения усилий между опорой и пролетом двух-пролетной балки. Дается видение дальнейшего совершенствования метода.*

Ключевые слова: *двух-пролетная балка, перераспределение усилий, нелинейная работа железобетона, конечные элементы, армирование, деформации, напряженное состояние*

ON THE QUESTION OF FINITE ELEMENT MODELING OF STATICALLY INDETERMINATE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abstract: *the article provides a brief overview of nonlinear modeling by the finite element method, a method for taking into account the unevenness of stresses along the length of reinforcement bars by introducing the Murashev coefficient into the reduced finite element. A comparison is made during modeling taking into account the obtained properties of the finite element with a classic example. The range of redistribution of forces between the support and the span of a two-span beam is traced. A vision of further improvement of the method is given.*

Keywords: *two-span beam, redistribution of forces, nonlinear behavior of reinforced concrete, finite elements, reinforcement, deformations, stress state.*

Введение

Необходимость моделирования нелинейной работы, в частности, широко распространённым методом конечных элементов, железобетонных конструкций становится все более актуальной. О необходимости

этого говорит СП63.13330, а также множество публикаций как отечественных, так и зарубежных [1–4]. Большим спросом компьютерное моделирование нелинейных процессов пользуется у исследователей несущих конструкций. Однако, как отмечают многое авторы, например, в [5], необходима чрезвычайная осторожность при настройке компьютерных моделей, проверке модели, оценке способности моделей правильно определять критическое поведение и интерпретации результатов.

Особый интерес представляет визуализация распределения напряжений по высоте сечения элемента и в целом по конструкции на каждой ступени приложения нагрузки, а также получение числовых соотношений между отдельными элементами, т.е. перераспределение усилий в процессе нагружения.

Не все нелинейные процессы удается реализовать известными методами моделирования. Хорошо моделируется нелинейное поведение бетона при сжатии, отчасти и растяжение, но не в совместной работе с арматурой. Применяются различные диаграммы сопротивления бетона: трехлинейные, двухлинейные, Н.И. Карпенко, за рубежом широко используются диаграммы с нисходящей ветвью. Однако, поведение растянутой зоны армированного бетона после образования трещин не отражает реальную жесткость конструкции.

В практике моделирования наиболее распространены следующие диаграммы деформирования бетона. По данным работы Di Ludovico, M., Lignola, G.P, Prota, A., Cosenza, E. [6] напряжения в точке анализа поперечного сечения определяются исходя из кривых деформаций по линейной интерполяции, являющейся разновидностью метода Ньютона (рис. 1).

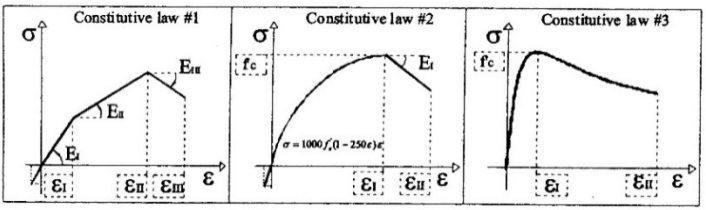
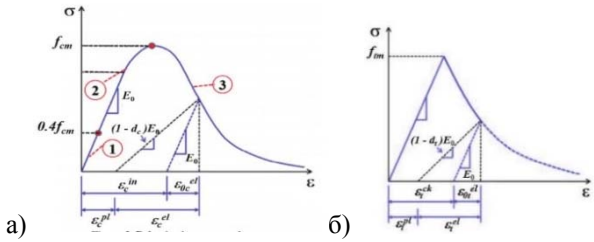


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона по работе [6]

Арматурные стержни как правило многими исследователями моделируются стержнями, жестко связанными с конечными элементами бетона в узлах. Диаграммы бетона опосредованно учитывают совместность работы с арматурой за счет нисходящих ветвей, как например в работе [7] (рис. 2).



а) б)

Рис. 2. Диаграммы деформирования бетона по работе [20].
а) при сжатии; б) при растяжении

Нарушение физически обоснованной совместной работы практически не учитывается. В целом, при визуальном восприятии результатов моделирования, совпадает картина трещин и числовые параметры образования трещин. Однако, результаты сопоставляются в основном по однопролетным балкам.

В соответствии с работой Д.Н. Трёкина [8] имеющиеся базовые линеаризованные диаграммы нуждаются в корректировке. Были предложены корректировке Eb при образовании трещин с использованием прежнего (из норм 1984 г.) коэффициента 0,85.

Процесс конечно-элементного моделирования наиболее полно представлен в серии книг С.Ф. Клованича, в частности в [9]. Автором применяются объемные изопараметрические 8-узловые конечные элементы для бетона и стержневые – для арматуры. Получена нелинейная работа арматуры. В этих работах также рассматриваются однопролетные конструкции.

Имея накопленный опыт моделирования железобетона, возможно реализовать процесс перераспределения усилий статически неопределимых конструкций.

Материалы и методы исследований

В работах авторитетных исследователей железобетона дается вывод, что его нелинейная работа выражается в следовании напряжений сжатой и растянутой зон сечений диаграммам деформирования бетона, не упруго при больших напряжениях, и неравномерных напряжениях в арматуре между трещинами в растянутой зоне. Это отмечалось В.И. Мурашевым [10], А.А. Гвоздевым [11], С.М. Крыловым [12] и др.

Как принято, неравномерность напряжений в растянутой арматуре определяется коэффициентом ψ_s. В современных нормах дается упрощенная формула для его определения. Для моделирования необходима функция его нелинейного изменения. Значения можно определить эмпирически по графикам, приведенным в [10] (рис. 3).

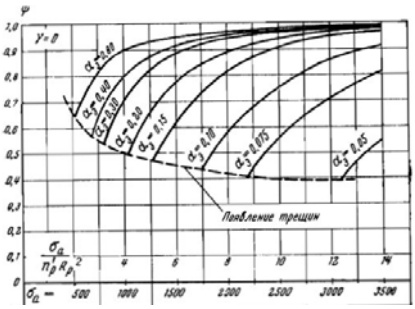


Рис. 3. Зависимости «σ_s - ψ_s» при разных процентах армирования по [10]

Многие исследователи используют принцип распределения (растворения) свойств арматуры в конечном элементе бетона, т.е. вводят анизотропные или изотропные элементы со свойствами, определёнными экспериментально на простых конструкциях. В работе Anandalli, N., Lakshmanan, N., Samuel Knight, G.M. [13] использовались диаграммы деформаций, полученных при испытании простой балки. Бетон и основная арматура разделяются на слои, имеющие неразрывную связь. На условной диаграмме деформирования было выделено пять характерных точек: трещинообразования, момент, при котором напряжения в арматуре достигают $0{,}8\sigma_y$, момент при σ_y в арматуре, момент при котором напряжения в крайнем сжатом волокне будут соответствовать относительной деформации $\varepsilon = 0{,}0035$, предельное значение.

Ранее автором данной статьи моделировались перекрестные балочные системы, кессонные перекрытия плоскими пластинчатыми элементами [14; 15; 18–19], которые при нелинейных расчетах по сравнению с объемными требовали меньшего времени. В данном случае речь идет о нескольких часах расчета. Тогда не был решен вопрос о влиянии трещин в растянутой зоне на снижение жесткости сечений.

Используя идею из работы [12], представим небольшой пластинчатый элемент, с размерностью 20х20 мм, что близко среднему диаметру арматурного стержня, как элемент с приведенной жесткостью, учитывающий развитие трещин и неравномерность деформаций по длине арматуры, т.е. коэффициент ψ_s. Арматура при этом стержневым конечным элементом не моделируется.

Для моделирования совместной работы арматуры и бетона нужно получить зависимость «σ - ε» для конечных элементов зоны арматуры (по приведенной жесткости B). Основной их особенностью является образование и развитие трещин, причем деформации раскрытия трещин значительно превышают деформации бетона до образования трещин,

$\varepsilon_{bt} < a_{crc}$. В первом приближении растяжение можно моделировать только процессом трещинообразования, т.е. зависимостью, приведенной в нормах проектирования $a_{crc} = \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} l_{crc}$.

Здесь более трудно определимой величиной является расстояние между трещинами l_{crc}. По свидетельству известных исследователей, например, Н.М. Мулина [16] эта величина зависит от процента армирования и диаметра арматуры. Для слабоармированных элементов расстояние между трещинами больше, чем у сильноармированных и оно не меняется с ростом напряжений. У сильноармированных между первыми трещинами возникают новые, но они имеют тенденцию сливаться с первыми. Следовательно, l_{crc} можно принять неизменным, l_{crc} – const.

Для построения жесткостной зависимости «σ_B - ε_B» необходимы относительные деформации, т. е.

$$\varepsilon_B = \frac{a_{crc}}{l_{crc}} \quad (1)$$

Тогда расстояние между трещинами можно определять только для конкретных параметров армирования, далее оно не меняется, т.е.

$$\varepsilon_B = \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (2)$$

Распределение напряжений по элементу вдоль арматуры можно представить, как изображено на рис. 4.

Диаграмма сопротивления элемента в растянутой зоне учитывает коэффициент ψ_s при средних процентах армирования по диаграммам В.И. Мурашева, в сжатой зоне соответствует обычной двухлинейной диаграмме арматуры при сжатии (рис. 5).

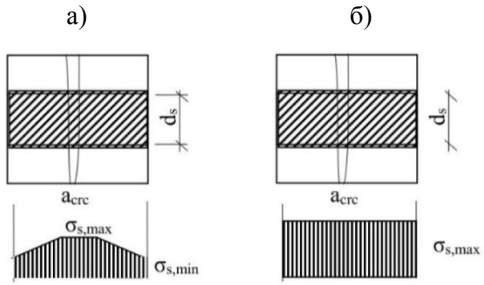


Рис. 4. Распределение напряжений в конечном элементе с приведенной жесткостью по арматуре: а) после образования трещины; б) при достижении $\sigma_s = R_s$

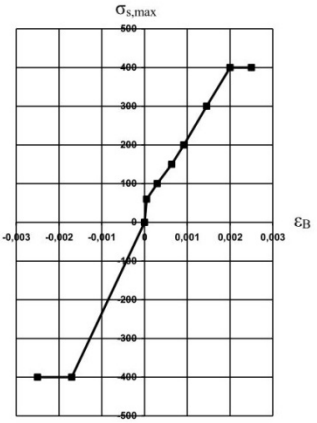


Рис. 5. Диаграмма сопротивления элемента в растянутой зоне

Адекватность полученного метода проверялась на модели двухпролетной балки прямоугольного сечения, результаты испытаний которой приведены в классической работе С.М. Крылова [12]. Балка имеет два пролета по 2 м, сечение 0,17х0,22 м, пролеты загружены сосредоточенными силами по 120 кН, армирование над средней опорой и в пролетах по 2ø16 горячекатаной с нормативным сопротивлением растяжению и сжатию Rs = 400 МПа (рис. 6).

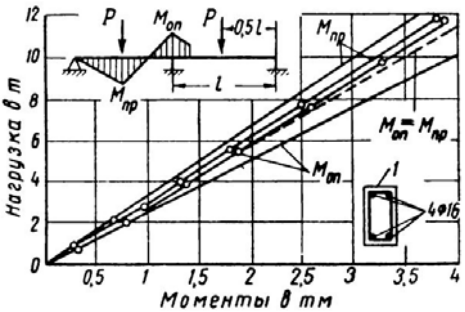


Рис. 6. Расчетная схема и изменение опорных
и пролетных моментов в балке по [12]

Соотношение опорного и пролетного моментов меняется в этом эксперименте от 1,2 до 1,0 вследствие нелинейной работы железобетона.

Результаты и проблематика

При подходе к моделированию двухпролетной балки методами строительной механики – стержнем с заданной жесткостью сечений, в упругом решении соотношение опорного и пролетного моментов получается такое же как в эксперименте С.М. Крылова [12] – 1,2. В программах метода конечных элементов (МКЭ) получается такое же решение (рис. 7).

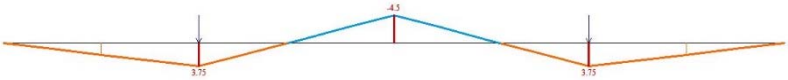


Рис. 7. Эпюра изгибающих моментов балки, полученная МКЭ

С сохранением всех параметров конструкции моделирование такой балки плоскими пластинчатыми элементами дает несколько другой результат в упругой задаче, с абстрагированием от железобетона.

Балка моделировалась пластинами размером 20х20 мм, толщиной 170 мм (8). Был принят начальный модуль упругости бетона Eb = 33 100 МПа, что соответствует современному классу бетона В30. Создана система опорных стержневых элементов, имитирующих динамометр для измерения опорной реакции.

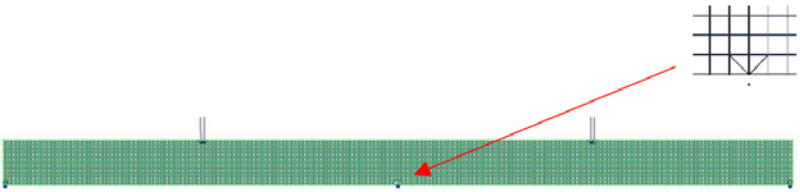


Рис. 8. Пластинчатая расчетная модель и опора – динамометр

По соотношению опорных реакций с использованием справочных формул сопротивления материалов для пластинчатой модели при таком же приложении нагрузки имеется отличие от стержневой модели. Соотношение моментов зафиксировано как 1,1. Результат отличается на 8%, это необходимо учитывать при моделировании.

Нелинейное моделирование реализовано для пластинчатой схемы нагружением пошагово с имитацией слоя армирования в верхней и нижней зонах балки. Диаграмма «σ_B - ε_B» принята по рис. 5. Сопоставление опорного и пролетного изгибающих моментов принято по максимальным напряжениям в конечных элементах слоя с арматурой.

Картина распределения нормальных напряжений по длине балки и деформации по характерным шагам нагружения приведены на рис. 12 и

13. Числовые значения приведены в табл. 1 (Модель 1). Те же данные, но без учета в диаграмме коэффициента Мурашева приведены в табл. 2. (модель 2).

Таблица 1

Ст.	Прогиб, мм	R_B кН	R_A кН	$\frac{R_B}{R_A}$	σ_{Bsup} кН/м^2	$\sigma_{B\text{-}l}$ кН/м^2	$\frac{\sigma_{Bsup}}{\sigma_{B\text{-}l}}$
1	0,165	15,1	4,5	3,36	16200	14440	1,12
4	0,795	59,0	18,4	3,2	98480	92160	1,07
7	1,97	99,4	34,3	2,9	139250	138640	1,00
9	3,30	124,9	45,6	2,74	154694	168600	0,92
10	4,21	137,9	51,0	2,7	164359	187048	0,88

Модель 2 отличается от Модели 1 обычной двухлинейной диаграммой деформирования для арматуры.

На рис. 9 показаны графики прогибов в середине пролетов балки. Величины прогибов в зависимости от применяемой диаграммы отличаются незначительно, в пределах 3%.

Таблица 2

Ст.	Прогиб, мм	σ_{Bsup} кН/м^2	$\sigma_{B\text{-}l}$ кН/м^2	σ_{Bsup} $\sigma_{B\text{-}l}$
1	0,165	16205	14448	1,12
4	0,89	73751	68479	1,08
7	2,04	122740	123855	0,99
9	3,38	145830	164225	0,89
10	4,35	157596	186519	0,84

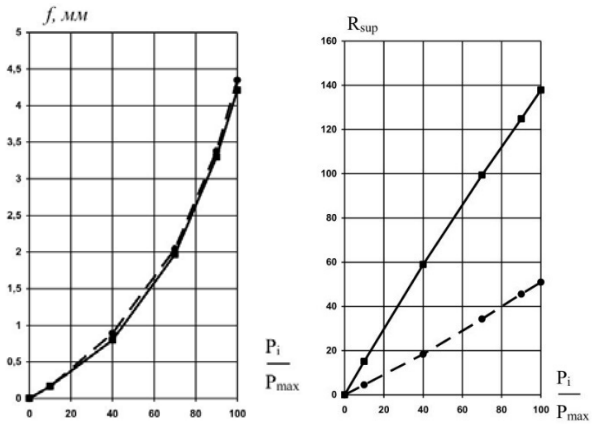


Рис. 9. Прогибы и опорные реакции по моделям

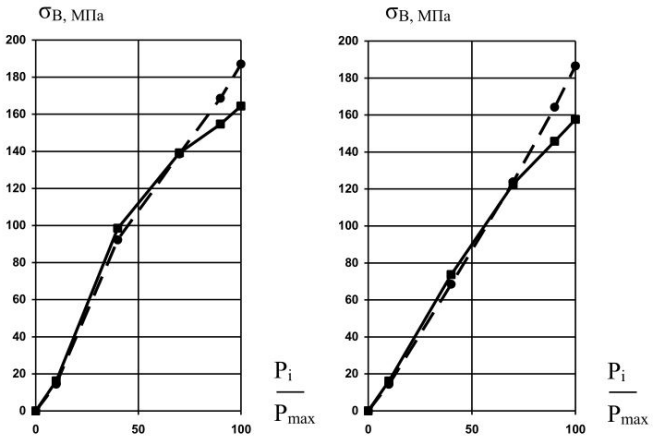


Рис. 10. Рост напряжений в арматуре: а) модель 1;
б) модель 2; ---- на средней опоре; - - - в пролете

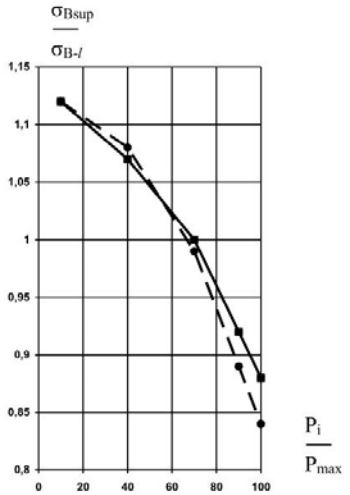
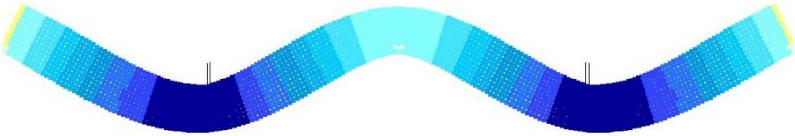


Рис. 11. Соотношение напряжений в арматуре над средней опорой
и в пролете: ---- по модели 1; - - - по модели 2

В целом, в обоих случаях характер деформаций нелинейный. Здесь же – реакции опор, их графики линейны. Соотношения по опорным реакциям не меняются.

а)



б)

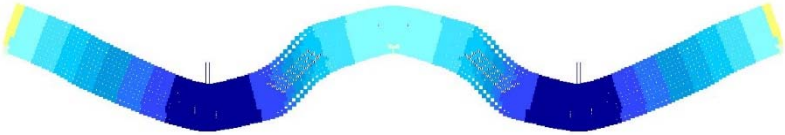
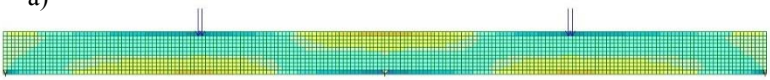


Рис. 12. Деформации балки: а) на 1-й ступени нагружения; б) на 10-й ступени нагружения

Более информативны графики роста напряжений в конечных элементах, имитирующих сопротивление арматуры (рис. 10). Перераспределение усилий между опорой и пролетом происходит наиболее активно при 70% нагрузке от максимальной. У С.М. Крылова в работе [12] исходя из реакций опор показано, что моменты на опоре и в пролете выравниваются. В рассматриваемых обоих моделях перераспределение достигает величины 0,84–0,88 с перегрузкой пролета (рис. 11). В модели 1, учитывающей коэффициент Мурашева при росте напряжений наблюдается более нелинейная работа.

а)



б)

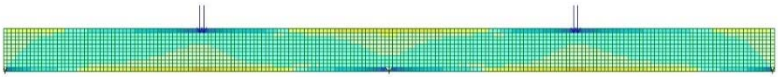


Рис. 13. Распределение нормальных напряжений по длине и высоте балки: а) на 1-й ступени нагружения; б) на 10-й ступени нагружения

Отличия от физического эксперимента возможно обусловлены недостаточностью информации об испытываемой конструкции: прочность бетона и арматуры, наличие или отсутствие обрывов продольной арматуры и т.п. Вместе с тем в моделях не введена поперечная арматура, что сказывается особенно на последних ступенях нагружения, когда идет

трещинообразование по наклонным сечениям. В связи с тем, что в моделях напряжения в арматуре достигли значений порядка 190 МПа, при возможности в 400 МПа, и в бетоне растянутой зоны активно развивались трещины (разрушение конечных элементов), бетон все-же берет на себя часть напряжений. Необходима реализация снижения жесткости по геометрии сечений, а не только снижение начального модуля упругости. По упрощённому алгоритму снижение жесткости в сечении с трещиной можно получить используя переменную величину плеча пары сил с введением плеча пары сил с коэффициентом $\beta = 1 - 1{,}13$ от начального, полученному авторами в [17].

Заключение

Пластинчатые конечные элементы при моделировании балочных конструкций дают визуализацию распределения напряжений по длине и высоте, а также численные значения.

Названные модели позволяют прослеживать перераспределение напряжений в широком диапазоне. В пролете изгибающий момент увеличился на 30% по сравнению с упругим решением.

Для сопоставления качества моделей с эталонными физическими испытаниями по последним необходима полная информация о строении конструкции и методике испытаний и обработки результатов.

Список литературы

1. Бондаренко, В. М. Инженерные методы нелинейной теории железобетона / В. М. Бондаренко, С. В. Бондаренко. – Москва : Стройиздат, 1982. – 287 с.

2. Yunus Dere and Mehmet Alpaslan Koroglu. Nonlinear FE Modeling of Reinforced Concrete // International Journal of Structural and Civil Engineering Research. – 2017. – Vol. 6. No. 1. – P. 71–74.

3. Рязанов, М. А., Шишов, И. И., Рощина, С. И., Лукин, М. В. Расчет изгибаемых элементов с учетом физической нелинейности деформирования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – №12. – С. 58–64. DOI: 10.12737/22764.

4. Vladimir I. Korsun, Valeriy I. Morozov, Ashot G. Tamrazyan and Anatoly V. Alekseytsev. Nonlinear Deformation Model for Analysis of Temperature Effects on Reinforced Concrete Beam Elements/ Buildings 2023, 13, 2734. DOI: 10.3390/buildings13112734

5. Sabau Marian, Onet Traian. Nonlinear concrete behavior // Journal of Applied Engineering Sciences. – 2011. – Vol. 1 (14). Issue 4. – P. 55–60.

6. Di Ludovico, M., Lignola, G.P, Prota, A., Cosenza, E. Nonlinear Analysis of Cross Sections under Axial Load and Biaxial Bending // ACI Structural journal. – 2010. – Vol. 107. No. 4. – P. 390–399.

7. Cuong-Le, T., Le-Minh, H., Sang-To, T. A nonlinear concrete damaged plasticity model for simulation reinforced concrete structures using ABAQUS // Frattura ed Integrità Strutturale. – 2022. – No. 59. – P. 232–242. DOI: 10.3221/IGF-ESIS.59.17

8. Трёкин, Д. Н. Расчет нелинейного деформирования и трещиностойкости железобетонных изгибаемых элементов: дис. … канд.техн.наук: 05.23.01 / Трекин Дмитрий Николаевич. – Москва, 2020. – 170 с.

9. Клованич, С. Ф. Нелинейные модели материалов в строительной механике / С. Ф. Клованич, Л. Малышко. – Одесса : ОНМУ, 2017. – 125 с.

10. Мурашев, В. И. Трещиноустойчивость, жесткость и прочность железобетона (Основы сопротивления железобетона) / В. И. Мурашев. – Москва : Изд-во министерства строительства и предприятий машиностроения, 1950. – 268 с.

11. Гвоздев, А. А. О перераспределении усилий в статически неопределимых железобетонных обычных и предварительно напряженных конструкциях / А. А. Гвоздев. – Москва : Гос. Изд-во лит-ры по стр-ву и архитектуре, 1955. – 29 с.

12. Крылов, С. М. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях / С. М. Крылов. – Москва : Изд-во литературы по строительству, 1964. – 168 с.

13. Anandalli, N., Lakshmanan, N., Samuel Knight, G.M. Simplified Approach for Finite Element Analysis of Laced Reinforced Concrete Beams // ACI Structural journal. – 2012. – Vol. 109. No. 1. –P. 91–99.

14. Плотников, А. Н., Ежов, А. В., Сабанов, А. И. Перераспределение усилий в перекрёстно-ребристом железобетонном перекрытии при эксплуатации // Промышленное и гражданское строительство в современных условиях: Сборник научных трудов института строительства и архитектуры. – Москва : МГСУ, 2011. – С. 67–69.

15. Плотников, А. Н. Прочность и деформативность перекрёстно-ребристого перекрытия с учётом перераспределения усилий: 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»: дис. … канд. техн. наук / Плотников Алексей Николаевич. – Москва, 2013. – 268 с. – EDN SVAHAN

16. Мулин, Н. М. Особенности деформаций изгибаемых элементов. Теория железобетона / Н. М. Мулин; под. ред. К. В. Михайлова, С. А. Дмитриева. – Москва : Стройиздат, 1972. – С. 35–43.

17. Плотников, А. Н. Плечо пары сил в сечении железобетонного изгибаемого элемента на всех стадиях напряженного состояния / А. Н. Плотников, Н. В. Иванова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2019: сб. ст. по материалам конференции с междунар. участием. – Чебоксары : Среда, 2019. – С. 52–60.

18. Плотников, А. Н. Усилия пересекающихся изгибаемых железобетонных элементов при нелинейном изменении жесткости / А. Н. Плотников // «Лолейтовские чтения-150». Современные методы расчета железобетонных и каменных конструкций по предельным состояниям: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора, автора методики расчета железобетонных конструкций по стадии разрушения, основоположника советской научной школы теории железобетона, основателя и первого заведующего кафедрой железобетонных конструкций Московского инженерно-строительного института (МИСИ) А.Ф. Лолейта, Москва, 30 ноября 2018 года / под ред. А. Г. Тамразяна. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 346–350. – EDN VXRZDC.

19. Плотников, А. Н. Моделирование методом конечных элементов (МКЭ) железобетона при кручении с изгибом / А. Н. Плотников // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. – 2010. – Т. 6. №1-2. – С. 177–178. – EDN PZEWRL

Сведения об авторах:

Плотников Алексей Николаевич – заведующий кафедрой строительных конструкций, декан строительного факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru;

Иванова Наталия Васильевна – старший преподаватель кафедры строительных конструкций, аспирант ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» , г. Чебоксары, Россия. E-mail: sus-a@mail.ru

Plotnikov Alexey Nikolaevich – Head of the Department of Building Structures, Dean of the Faculty of Civil Engineering, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru;

Ivanova Natalia Vasilievna – Senior Lecturer of the Department of Building Structures, Post-Graduate Student, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: sus-a@mail.ru;

Для цитирования:

Плотников, А. Н. К вопросу моделирования методом конечных элементов статически неопределимых железобетонных конструкций / А. Н. Плотников, Н. В. Иванова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 220–232.

Citation:

Plotnikov A. N. On the question of finite element modeling of statically indeterminate reinforced concrete structures / A. N. Plotnikov, N. V. Ivanova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 220–232.

УДК 624.012.35: УДК 681.326

ПРОЧНОСТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

А.Н. Плотников
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия
А.Дж. Рахмонзода
Таджикский технический университет
им. академика М.С. Осими,
Таджикистан

Аннотация: *в статье обобщен опыт применения композитной арматуры (стеклопластиковой, базальтопластиковой) в бетонных и каменных конструкциях. Анализируются результаты компьютерного моделирования и физических испытаний двухпролетных балок, каменных армированных столбов, расчета стоек опор железнодорожной контактной сети. Определены резервы несущей способности и возможности перераспределения усилий конструкций с композитной арматурой. Получено, что основной характеристикой для прочностного расчета является модель упругости и предельная деформация композитной арматуры.*

Ключевые слова: *композитная арматура, бетон, каменная кладка, напряжения, деформации, модуль упругости, перераспределение усилий.*

STRENGTH CAPABILITIES OF COMPOSITE REINFORCEMENT IN LOAD-BEARING STRUCTURES

Abstract: *the article summarizes the experience of using composite reinforcement (fiberglass, basalt-plastic) in concrete and stone structures. The results of computer modeling and physical tests of two-span beams, reinforced stone pillars, calculation of railway contact network support posts are analyzed. The reserves of bearing capacity and the possibilities of redistribution of forces of structures with composite reinforcement are determined. It is found that the main characteristic for strength calculation is the elasticity model and ultimate deformation of composite reinforcement.*

Keywords: *composite reinforcement, concrete, masonry, stress, deformation, elastic modulus, redistribution of forces.*

Введение

Интерес к композитной арматуре обусловлен в связи с ее особыми свойствами. Все больше применяются армированные бетонные конструкции, эксплуатируемые в сильноагрессивных средах, где трудно было обеспечить коррозионную стойкость стальной арматуры. Есть необходимость обеспечения антимагнитных и диэлектрических свойств в медицин-

ских помещениях магнитно-резонансной томографии, в опорах электропередачи, мостах. Положительным свойством композитной арматуры является и низкая теплопроводность. Композитная сетка не образует «мостиков холода». При использовании данной сетки в ограждающих конструкциях происходит снижение теплопотерь до 34%, что значительно снижает затраты на отопление здания.

За более чем 70-ти лет известности композитной арматуры о ее свойствах, применении опубликовано много работ, в разных странах имеются нормы по проектированию несущих конструкций с ее применением. Наиболее полный обзор на эту тему сделан И.А. Антаковым [1].

Композитная арматура – неоднородный материал, состоящий из двух компонентов: армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрица (связующее), обеспечивающая совместную работу армирующих элементов. Армирующие волокна (стекловолокно, базальтовое волокно) – непрерывные волокна в виде одиночных нитей большой длины (сотни и тысячи метров).

В соответствии с обзором [1], при применении композитной арматуры в бетонных балках, разрушение может произойти как от разрыва арматуры, так и с раздроблением бетона сжатой зоны. Нормативны в основном, занижают способности арматуры сопротивляться в составе конструкции, до 0,14–0,6 от расчетного сопротивления. Необходимо учитывать конкретное сцепление арматуры с бетоном и раствором каменной кладки [1], при разных видах арматуры.

Различные виды конструкций требуют особого подхода к их расчету и проектированию.

Материалы и методы исследований

Статически неопределимые армированные конструкции, в частности многопролетные балки, находят широкое применение. Они работают условиях перераспределения усилий, их напряженное состояние описывается в фундаментальной работе С.М. Крылова [2]. Однако, в практике расчет с перераспределением усилий окончательно не реализован даже со стальной арматурой. Особо актуально решить этот вопрос с применением композитной арматуры.

В работе [3] впервые предложен принцип комбинированного армирования: в растянутых зонах пролетных сечений, от которых в большей мере зависит общая деформативность системы, сохраняется стальная арматура, а в опорных сечениях, в зонах растяжения от действия отрицательных моментов, устанавливается композитная арматура.

Сечение балки разбито на слои. В основе расчета двухпролетных балок лежат уравнения равновесия:

$$\sum\sigma_{bi}A_{bi}+\sigma_{sc}A_s^{'} - \sum\sigma_{btj}A_{btj} - \sigma_s A_s = 0;$$

$$M = \sum\sigma_{bi}A_{bi}z_{bxi} + \sum\sigma_{btj}A_{btj}z_{btyj} + \sigma_s A_s(h_0 - x) + \sigma_{sc}A_s^{'}(x - a_s'), \quad (1)$$

Используется деформационная теория, диаграммный метод расчета, что позволяет проследить нелинейной распределение усилий и деформации.

Были проведены лабораторные испытания двухпролетных балок. Растянутая зона армировалась горячекатаной арматурой А400 (рис. 1). Верхняя арматура принималась базальтопластиковой, производства ООО «Гален», г. Чебоксары. Варьировался диаметр этой арматуры – от 6 до 10 мм. Характеристики базальтопластиковой арматуры: временное сопротивление разрыву σ_u = 1255 МПа, относительное равномерное удлинение при разрыве ε = 2.5 –3.5 %.

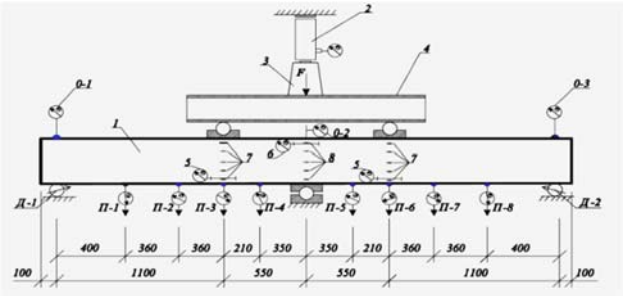


Рис. 1. Схема испытательной установки двухпролетной балки

Специфические свойства композитной арматуры находят применение в опорах контактной сети железных дорог. Традиционно, в целях экономии бетона, их сечение принимается кольцевым. Стойки работают как консольные стержни, защемленные в фундаменте. На них действует изгибающий момент и поперечная сила. В основном, опоры изготавливают с металлической арматурой. На некоторых заводах внедрили опоры с композитной, стеклопластиковой арматурой.

В Чувашском госуниверситете разработали вариант армирования таких стоек композитной арматурой с применением продукции ООО «Гален».

Методика расчета строилась как для железобетонного элемента кольцевого сечения с минимальным расчетным сопротивлением стеклопластиковой арматуры R_f = 300 МПа. Рассматривалось кольцевое сечение по рис. 2.

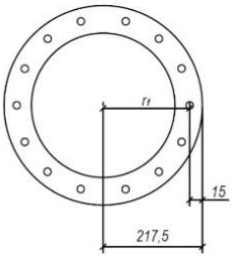


Рис. 2. Сечение стойки контактной сети

Из расчета на прочность по формуле (2) получено значение несущей способности M_f = 115 кНм, что на 25% более требуемого по действующему изгибающему моменту.

$$M \leq (R_b \cdot A \cdot r_m + 0) \cdot \frac{\sin \pi \cdot \alpha_k}{\pi} + R_{fp} \cdot A_{fp} \cdot k_p \cdot z_{sp} \quad (2)$$

Обозначения в этой формуле соответствуют «Руководству по проектированию, изготовлению и применению железобетонных центрифугированных конструкций кольцевого сечения. НИИЖБ. 1979» с поправкой на компоненты композитной арматуры.

Величина преднапряжения принята:

$$\sigma_{fp} = 0{,}45 \cdot R_{fp} = 450 \text{ МПа} \quad (3)$$

Прочность на действие поперечной силы обеспечена за счет применения спиральной композитной арматуры.

В ряде работ авторами и их коллегами предложен новый способ расчета на прочность каменной кладки с армированием композитными стержнями в виде сеток [4; 5].

В принципе, физическая суть армирования каменной кладки заключается в сдерживании поперечных деформаций каменной кладки и передачи части усилий на арматурные стержни, расположенные в горизонтальных растворных швах. Авторами учтены исследования последних лет в области исследования каменных кладок [6–9; 11–14].

Предлагается деформационный способ расчета прочности в связи с разными величинами модулей упругости у стали – 200 ГПа, у композитной арматуры – 50 ГПа.

В основе лежит сопротивление растяжению раствора шва и арматуры совместно при условии обеспечения необходимого сцепления (рис. 3).

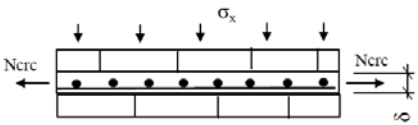


Рис. 3. Схема усилий в слое кладки

Силе образования трещин в растворном шве сопротивляется арматура:

$$N^I = N_{crc} - N_s \quad (4)$$

В результате получена формула прочности кладки:

$$R_{fk} = R\left(\frac{R_t A_j}{R_t A_j - \cos^5 \mu \varepsilon_u E_f \ln\left(1 + A_f\right)}\right) \quad (5)$$

где A_j – площадь сечения четырех растворных швов в вертикальной плоскости; R_t - прочность кладки на растяжение по перевязанному шву; ε_u – деформации образования трещины растворного шва; E_f – модуль упругости композитной арматуры; A_f – суммарная площадь сечения арматуры одного направления в пределах 4 рядов кладки.

Результаты и проблематика

Результаты испытаний двухпролетных балок с надопорной композитной арматурой показали, что разрушение в основном происходило по нормальным сечениям от разрыва металлической арматуры и раздробления бетона сжатой зоны в пролетах. При малых диаметрах композитной арматуры (6 мм) одновременно разрушились опорное и пролетное сечение.

На рис. 4 приведены результаты сравнения экспериментальных и расчетных значений изгибающих моментов в опорном и пролетных сечениях.

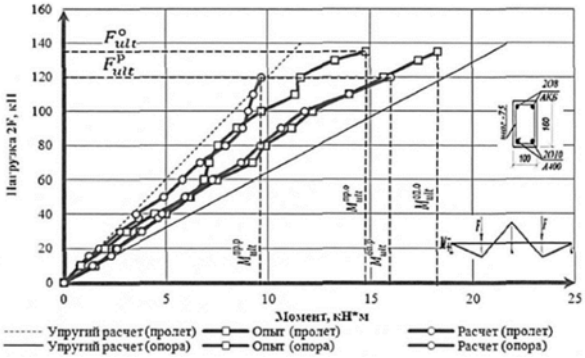


Рис. 4. Сравнение значений изгибающих моментов в опорном и пролетных сечениях образцов третьей серии

В образцах с комбинированным армированием было отмечено перераспределение усилий. В частности, отношение опорного момента к пролетному после образования трещин уменьшается до значений 1,13 1,50 в зависимости от процента армирования опорного сечения композитной арматуры. В предельной стадии, после начала текучести пролетной стальной арматуры соотношение моментов вновь увеличивается до значений 1,20–1,90.

В результате разработана методика расчета неразрезных балок с комбинированным армированием с использованием диаграммного метода (кусочно-линейных диаграмм). Расчет строится на деформационных свойствах композитной арматуры.

В соответствии с рекомендациями при возведении монолитного балочного каркаса определено снижение трудоемкости на 33,9% и стоимости арматуры на 7,8% при устройстве монолитных балок.

Результатом разработки методики расчета опор контактной железнодорожной сети явился выпуск рабочей документации на их изготовление (рис. 5). Расчет опор с композитной преднапряженной арматурой строился исходя из традиционных подходов – расчетного сопротивления и уровня напряжения арматуры относительно нормативного сопротивления. Как показал последующий анализ, применение деформационной теории позволяет получить большую несущую способность и сопротивление деформациям, так как это отмечается натурными испытаниями подобных конструкций.

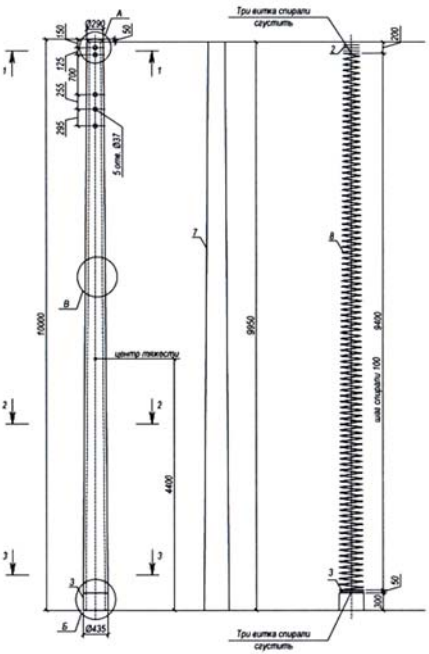


Рис. 5. Схема продольного и поперечного (спирального) армирования стойки с композитной арматурой

Для оценки несущей способности каменной кладки с сетками из композитной арматуры необходимо знать, как распределяются напряжения между кладкой и арматурой, насколько используется прочность арматуры.

Были проведены испытания каменной кладки, описанные в работах [4; 5], с установкой на металлические арматурные сетки тензорезисторов, что позволило оценить вовлеченность арматуры в работу (рис. 6).

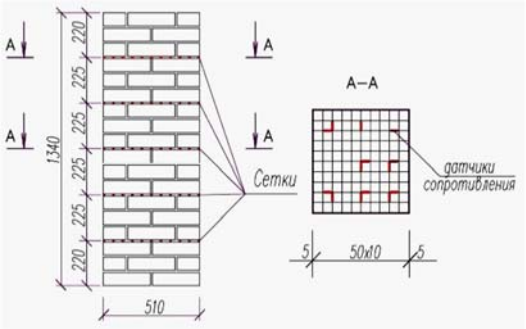


Рис. 6. Схема расположения арматурных сеток и датчиков

Определены усилия и напряжения в стержнях кладочной сетки. Напряжения в центральной и периферийной частях арматурных сеток в зависимости от нагрузки представлены на рис. 7.

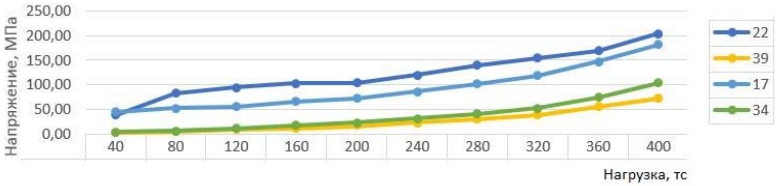


Рис. 7. Напряжения в центральной части арматурных сеток

По результатам испытания определено что напряжения в арматурных стержнях составляют 37% в центре кладки и 20% на периферийных участках от расчетного сопротивления стали. При образовании трещин в кладке максимальные напряжения в стержнях составляли 92 МПа по центру сечения и 48 МПа в периферийных точках по углам кладки. Следовательно, имеется запас несущей способности по растяжению арматурных стержней. Свод правил по каменным конструкциям определяет сопротивление стержней как 0,6Rsn. В данной работе получено, что эта величина выше и составляет 0,72Rsn.

Сопоставление числовых данных, полученных по формуле (5) производилось с рядом экспериментальных данных. Рассматривались результаты испытаний В.М. Поздеева, Н.П. Соловьева, А.В. Виноградова, В.В. Николаева; А.Б. Антакова; А.В. Грановского, В.В. Галишниковой, Е.И. Берестенко [10] (рис. 8).

а)  б) 

Рис. 8. Опытные образцы с размещенными на них мессурами:
а) испытания В.М. Поздеева; б) испытания А.Б. Антакова

По отношению к неармированной кладке армирование композитной арматурой с разным процентом армирования по результатам испытаний [10] в образцах 380×380×1000 мм привело к увеличению несущей способности и трещиностойкости на 30–33%. Интенсивность армирования изменялась в диапазоне 0,062–0,422% (рис. 9, 6).

Испытания, проведенные под руководством А.В. Грановского [10], армированной композитной арматурой кладки из керамических камней с большой пустотностью и малыми сечениями (размеры образцов 250×1030×1200 мм, 250×800×1350 мм) показали увеличение несущей способности относительно неармированных в 1,2–1,3 раза (рис. 9).

По экспериментальным данным кладка с композитной арматурой имеет значения прочности меньше по сравнению с армированными сталью. Причиной является низкий модуль упругости композита, вследствие сдерживание поперечных деформаций кладки не столь эффективно. Отмечается недостаточное сцепление поверхности арматурных композитных стержней с раствором швов и податливость узловых соединений композитных сеток. В случае применения более жестких соединительных материалов несущую способность армированных композитом кладок можно будет поднять в 1,3 раза. Повысить несущую способность такой кладки позволяет более тонкий растворный шов при том же проценте армирования, что и при стальных сетках за счет малых диаметров и частого размещения стержней.

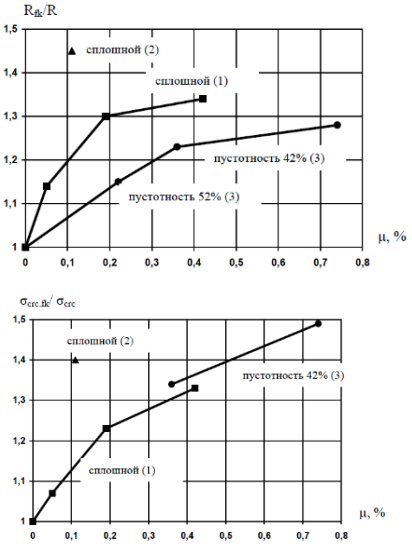


Рис. 9. Зависимость соотношения: а) R_{fk}/R; б) $\sigma_{crc,fk}/\sigma_{crc}$ от процента армирования композитом кладки по экспериментальным данным: (1) А.Б. Антаков, (2) В.М. Поздеев, (3) А.В. Грановский

Заключение

При усовершенствовании методов расчета бетонных и каменных конструкций с композитной арматурой можно получить несущую способность и жесткость таких конструкций более на 20–30%, что подтверждается результатами испытаний. При этом должны быть решены вопросы надежной анкеровки арматуры.

В основе расчетов конструкций с композитной арматурой должны лежать деформационные принципы, диаграммные методы.

Получены рациональные решения по конструкциям с композитной арматурой: монолитные многопролетные балочные перекрытия, стойки линий контактной железнодорожной сети, армокаменные.

Получены методы расчета названных конструкций на основе деформационных характеристик материалов.

Список литературы

1. Антаков, И. А. Прочность, трещиностойкость и деформативность по нормальному сечению бетонных изгибаемых элементов, армированных полимерной композитной арматурой: дис. … канд.техн.наук: 2.1.1. / Антаков Игорь Андреевич. – Казань, 2022. – 217 с.

2. Крылов, С. М. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях / С. М. Крылов. – Москва : Изд-во литературы по строительству, 1964. – 168 с.

3. Рахмонов, А.Дж. Прочность, жесткость и трещиностойкость неразрезных бетонных балок с комбинированным армированием: дис. … канд.техн.наук: 05.23.01 / Рахмонов Ахмаджон Джамолиддинович. – Йошкар-Ола, 2014. – 160 с.

4. Alexey N. Plotnikov, Viktor A. Ivanov, Boris V. Mikhailov, Tatyana G. Rytova, Olga S. Yakovleva, Mikhail Yu Ivanov and Natalia V. Ivanova The Strength of Masonry Based on the Deformation Characteristics of Its Components // Masonry for Sustainable Construction. IntechOpen Limited, London. – 2023. DOI: 10.5772/intechopen.107308

5. Плотников, А. Н. Несущая способность армированной каменной кладки при центральном сжатии на основе деформационных параметров ее компонент / А. Н. Плотников, Т. В. Романова, Б. В. Михайлов [и др.] // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: материалы V Междунар. (XI Всерос. конф). – Чебоксары, 2020. – С. 183–197.

6. Антаков, А. Б. Аналитическая оценка напряженно-деформированного состояния каменных кладок при сжатии на основе авторской теории / А. Б. Антаков, Б. С. Соколов // Строительные материалы. – 2019. – №9. – С. 51–55.

7. Кашеварова, Г. Г. Модель каменной кладки стены для исследования схем и механизмов разрушения / Г. Г. Кашеварова, В. Э. Вильдеман, А. Н. Акулова // Информация, инновации, инвестиции: сб. материалов конф. Центр науч.-техн. информ. – Пермь, 2002. – С. 38–41.

8. Пангаев, В. В. Развитие расчетно-экспериментальных методов исследования прочности кладки каменных конструкций: автореф. ... д-ра техн. наук / В. В. Пангаев. – Новосибирск, 2009.

9. Кабанцев, О. В. Научные основы структурной теории каменной кладки для оценки предельных состояний каменных конструкций сейсмостойких зданий: дис. д-ра техн. наук: 05.23.01 / О. В. Кабанцев. – Москва, 2016.

10. Антаков, А. Б. Несущая способность каменной кладки, армированной сетками из базальтопластиковой арматуры / А. Б. Антаков, А. Н. Плотников, В. М. Поздеев // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия (Москва, 19–20 апреля 2016 г.) / под ред. А. Г. Тамразяна, Д. Г. Копаницы. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2016. – С. 15–21. – EDN VXXJPN.

11. Плотников, А. Н. Несущая способность наружных стеновых панелей из конструкционного керамзитобетона со стальной и композитной арматурой / А. Н. Плотников, Н. А. Гафиятулин, П. А. Васильев // Жилищное строительство. – 2017. – № 3. – С. 52–57. – EDN YHZFDP.

12. Плотников, А. Н. Расчет каменной кладки на центральное сжатие как квазиоднородного сплошного упругопластичного тела / А. Н. Плотников // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2017. – №4 (34). – С. 30–35. – EDN YXCEPN.

13. Плотников, А. Н. Прочностной расчет армированной каменной кладки на основе деформационных параметров составляющих ее материалов / А. Н. Плотников, О. С. Яковлева, Т. В. Романова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2019: Сборник статей по материалам конференции с международным участием (Чебоксары, 07 июня 2019 г.). – Чебоксары: Среда, 2019. – С. 60–68. – EDN YRZASB.

14. Плотников, А. Н. Сопоставительные испытания трехслойных наружных стеновых панелей из керамзитобетона со стальной и композитной арматурой / А. Н. Плотников, П. А. Васильев // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы III Международной (IX Всероссийской) конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2016 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2016. – С. 124–132. – EDN XGMDWD.

Сведения об авторах:

Плотников Алексей Николаевич – доцент кафедры строительных конструкций, декан строительного факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru

Рахмонзода Ахмаджон Джамолоддин – канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Таджикского технического университета имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе. E-mail: ahmadjon2903@mail.ru

Plotnikov Alexey Nikolaevich – Associate Professor of the Department of Building Structures, Dean of the Faculty of Civil Engineering, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru, .

Rahmonzoda Ahmadjon Jamoloddin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi. Dushanbe. E-mail: ahmadjon2903@mail.ru

Для цитирования:

Плотников А. Н. Прочностные возможности композитной арматуры в несущих конструкциях / А. Н. Плотников, А. Дж. Рахмонзода // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 233–243.

Citation:

Plotnikov A. N. Strength capabilities of composite reinforcement in load-bearing structures / A. N. Plotnikov, A. J. Rahmonzoda // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 233–243.

УДК 624.01

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ДЕФОРМАЦИЮ И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Л.А. Сакмарова,
Е.Г. Гоник,
М.А. Бахмисова,
Е.Е. Степанова,
Е.А. Белова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *статья посвящена исследованию влияния температурных изменений на деформации, возникающие в многоэтажных зданиях. Рассматриваются методы расчета термических деформаций, результаты испытаний на существующем объекте, а также практические рекомендации по учету этих факторов при проектировании и эксплуатации зданий.*

Ключевые слова: *деформация, температурные воздействия, тепловизор, теплограф, связи, многослойная наружная стена.*

INFLUENCE OF TEMPERATURE FLUCTUATIONS ON DEFORMATION AND STRENGTH OF STRUCTURES OF MULTISTORY BUILDINGS

Abstract: *the article is devoted to the study of the influence of temperature changes on deformations occurring in multi-story buildings. The methods of calculating thermal deformations, the results of tests on an existing facility, as well as practical recommendations for taking these factors into account when designing and operating buildings are considered.*

Keywords: *deformation, temperature effects, thermal imager, heat recorder, connections, multilayer external wall.*

Введение

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [1–6].

Многослойные наружные стены с лицевым слоем из кирпича широко применяются в современном строительстве. При эксплуатации такие стены подвергаются воздействию различных температурных факторов, что приводит к изменению их напряженно-деформированного состояния

(НДС). Так как многослойные наружные стены с лицевым слоем из кирпича состоят из нескольких слоев и каждый материал имеет свои теплотехнические показатели и свойства, при эксплуатации такие стены подвергаются воздействию различных температурных факторов, таких как:

Разница температур между наружной и внутренней поверхностями стены. Сезонные колебания температуры воздуха из-за разниц температур и влажности в зависимости от времени года: суточные колебания температуры воздуха, влияние солнечной радиации. Эти факторы приводят к изменению температуры кладки, что, в свою очередь, вызывает температурные деформации и напряжения в ней.

Основными факторами, обуславливающими температурные деформации и напряжения в кладке многослойных наружных стен с лицевым слоем из кирпича, являются: коэффициент температурного расширения материалов кладки, модуль упругости материалов кладки, толщина слоев кладки, теплопроводность слоев строительных материалов, входящих в состав многослойной стены, условие опирания стены, наличие деформационных швов [7].

Исходя из этого, существует несколько методов расчета температурных деформаций и напряжений в кладке многослойных наружных стен с лицевым слоем из кирпича, были выделены наиболее распространенные методы: метод стержневых систем, метод конечных элементов (МКЭ), аналитические методы.

Материал и методы исследований

Температурные деформации и напряжения в кладке могут привести к снижению ее прочности и трещиностойкости. Это может привести к образованию трещин в кладке, потере ее несущей способности и другим нежелательным последствиям [8–13].

Анализ основных методов изучения температурных воздействий на кирпичную кладку показал, что в настоящее время проводится недостаточное количество натурных испытаний на реальных эксплуатируемых объектах со стенами с жесткими связями. Проводимые натурные исследования наружных стен в основном ограничиваются использованием тепловизионной съемки. Целью тепловизионной съемки является определение температуры в критических, дефектных местах, где возможны теплопотери, построение температурных полей поверхности и на основании показателей, разработка ремонтных мероприятий и рекомендаций.

Для определения деформаций и температуры на поверхности стен, в исследовании было выполнено несколько испытаний приборами: теплографом, тепловизором, прибором Терем 4.0.

Теплограф – это прибор, который используется для измерения плотности тепловых потоков и определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (стен, окон, дверей).

Цель исследования теплографом состояла в определении уровня теплопотерь исследуемого объекта, найти места утечек тепла, оценить эффективность энергоэффективного кирпича, который заменяет утеплитель

и конструкционный слой кирпича, сформулировать рекомендации по улучшению энергоэффективности. Исследование проводилось на объекте, проверялся сплошной участок стены, граничащий с температурным швом. Схема стены показана на рис. 1.

Результаты и проблематика

Исследование проводилось на объекте, проверялся сплошной участок стены, граничащий с температурным швом. Схема стены показана на рис. 1.

Первое испытание теплографом проводилось при температуре наружного воздуха от -8°С до -3°С в течение 5 дней (рис. 2).

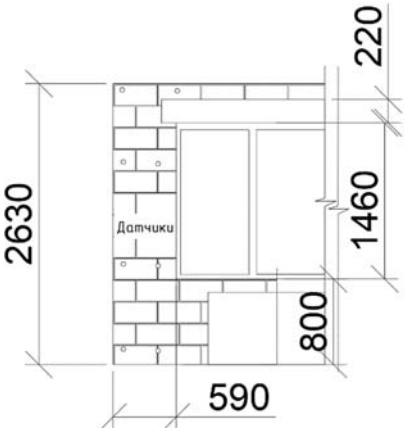


Рис. 1. Схема расстановки датчиков
на рассматриваемом участке стены

Рис. 2. Построенный график на экране теплографа
в результате исследования участка стены

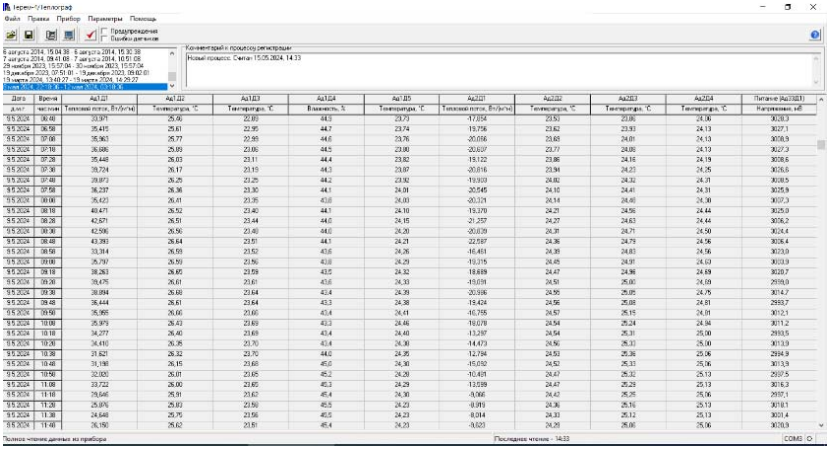


Рис. 3. Процесс считывания результатов
с прибора теплограф на ПК

Рекомендации, которые были обозначены после проведения исследования и для получения более точных результатов.

1. Обследование объекта следует проводить в холодное время года, при отрицательной температуре воздуха.

2. Перед обследованием необходимо проветрить объект в течение нескольких часов.

3. Во время обследования необходимо исключить влияние источников тепла (обогреватели, освещение).

Также было выполнено обследование тепловизором. Тепловизором были обследованы такие места, как углы комнаты, стена, граничащая с температурным швом, места примыкания перемычек, оконных проемов. На рис. 4 показаны результаты обследования тепловизором одного участка стены из нескольких, где можно заметить разные цветные участки, говорящие о разных температурах. Чем темнее цвет, тем температура ниже. Желтый цвет-температура 17–18,5°С, оранжевый 16–17°С, темно-синий 14–15,5 °С, черный 12–14°С. Температура на улице в зимний период на тот момент была с -10°С до -15°С.

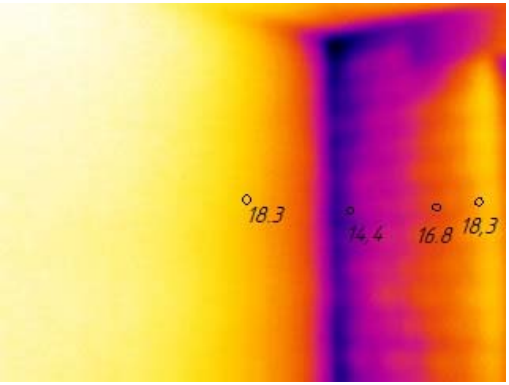


Рис. 4. Теплограмма участка стены, граничащей
с температурным швом, у внутреннего угла

Далее, в исследовании было выполнено обследование здания на деформации и прибором Терем 4.0.в теплое время года, далее будет выполнено в зимнее время года, так как объект только сейчас ввелся в эксплуатацию. Терем 4.0 – это прибор для исследования состояния зданий и сооружений, с учетом контроля за деформациями, трещинами, осадками. Состав системы: центральный регистрирующий блок, адаптеры, датчики физических параметров. Далее было выделено место исследования, это стена под оконным проемом и над оконным проемом (рис. 5).

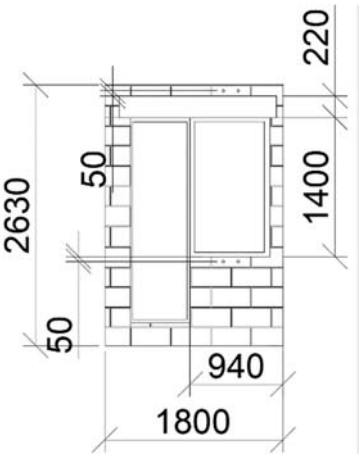


Рис. 5. Схема расстановки датчиков прибора Терем 4.0
для исследования здания на температурные деформации

Рис. 6. Датчик Д8 в наружной многослойной стене

Исследование велось при температуре с -1 до +6 градусов. Итоговые показатели деформаций были выведены прибором Терем 4.0 (рис. 7).

Рис. 7. Процесс измерения прибором Терем 4.0

Терем 4.0 – это незаменимый инструмент для специалистов в области строительства, инженерии и научных исследований. Результаты были сведены в табл. 1

Таблица 1

Результаты обследования наружной стены прибором Терем 4.0

Датчики	1	2	3	4	5	6	7	8
Мин 1 день t нар = -1 градус	2,888	3.412	4,019	4,571	4,983	5,408	5,631	4,684
мах	2,9	3,432	4,37	4,587	4,997	5,420	5,642	4,711
ср	2,889	3,418	4,025	4,578	4,988	5,412	5,638	4,707
5 день t нар=+6 градус	2,888	3.411	4,019	4,572	4,983	5,410	5.633	4,711
мах	2,9	3,432	4,37	4,587	4,984	5,411	5.633	4,711
ср	2,889	3,418	4,025	4,578	4,984	5,410	5.632	4,711

Для более точного представления о характере распределения температурных полей и возможной деформации стены, необходимо рассматривать не только линейные участки стен, но и угловые участки, а также места 3D кладки, примыкания оконных и дверных проемов.

При проектировании стены необходимо учитывать величину и тип нагрузок, которые будут на нее действовать. Также, необходимо учитывать возможные перепады температур и не допускать опускания температуры внутри конструкционного слоя стены для того, чтобы не достигалась точка росы.

Анализ проведенных исследований, показал, что опасными местами, подвергающимися деформации являются углы здания, фрагменты стен, граничащие с оконными проемами, места примыкания перемычек. Благодаря тепловизору также можно обнаружить скрытые дефекты и трещины на кирпиче.

После проведенных исследований передачи тепла и мест утечек тепла через наружную стену, сказать однозначно, что лучше – теплограф или тепловизор – нельзя, так как каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Таким образом, можно сделать вывод, что оптимальными вариантами обследования стены в данном исследовании оказался тепловизор и расчет в программном комплексе Лира- Сапр.

Заключение

Многослойные стены с жесткими связями – это ограждающие конструкции, состоящие из двух или более слоев, соединенных между собой жесткими связями. Лицевой слой, как правило, выполняется из кирпича, а внутренний слой – из теплоизоляционного материала, либо кирпича,

совмещающего в себе показатели по энергоффективности и теплофизике, близкими к теплоизоляционному материалу.

Сезонные изменения температуры могут оказывать значительное влияние на деформации объектов. Могут быть: линейные деформации, т. е. изменение размеров объекта в одном направлении (удлинение или укорочение); угловые деформации: изменение формы объекта (изгиб, кручение); объемные деформации: изменение объема объекта.

В результате исследования, было выявлено, что для уменьшения деформаций объектов с учетом влияния сезонного изменения температуры используются различные методы, такие как: выбор материалов с низким коэффициентом температурного расширения, использование армирования.

При проектировании стены необходимо учитывать возможные перепады температур и влажность и не допускать опускания температуры внутри конструкционного слоя стены для того, чтобы не достигалась точка росы.

Натурные исследования являются важной частью процесса проектирования и строительства многоэтажных каменных зданий с наружными многослойными стенами на жестких связях. Они позволяют получить информацию о реальном поведении здания под воздействием различных нагрузок и факторов окружающей среды, которую невозможно получить с помощью теоретических расчетов или численных моделей. Методы проведения натурных исследований зависят от вида исследований и конкретных задач, которые необходимо решить.

Список литературы

1. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

2. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

3. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

4. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

5. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

6. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

7. Николаева, А. Г., Иванова, Н. В., Бахмисова, М. А., Антонова, А. Э. Распределение температурных полей в ограждающих конструкциях из объемной кладки // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 23–24 апреля 2024 г.). – Чебоксары: Среда, 2024. – С. 182–188.

8. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

9. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017. – №12. – С. 14–19.

10. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

11. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

12. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

13. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук, зав. кафедрой «Архитектуры и дизайна среды», доцент ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Гоник Екатерина Григорьевна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительных конструкций» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: katya.gonik@mail.ru

Бахмисова Мария Алексеевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна среды ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: masha_a94@mail.ru

Степанова Елизавета Евгеньевна – ассистент кафедры «Архитектуры и дизайна среды» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: stepanova_885@mail.ru

Белова Екатерина Андреевна – делопроизводитель кафедры «Архитектуры и дизайна среды» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова» , г. Чебоксары, Россия. E-mail: katya.vitleykina@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – Head of the Department of "Architecture and Environmental Design" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, candidate of pedagogic sciences, Associate Professor, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Gonik Ekaterina Grigoryevna – candidate of engineering sciences, Associate Professor of the Department of "Building Structures" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: katya.gonik@mail.ru

Bakhmisova Mariia Alekseevna – Senior Lecturer of the Department of "Architecture and Environmental Design" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: masha_a94@mail.ru

Stepanova Elizaveta Evgenyevna – Assistant of the Department of "Architecture and Environmental Design" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: stepanova_885@mail.ru

Belova Ekaterina Andreevna – Clerk of the Department of "Architecture and Environmental Design" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: katya.vitleykina@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А. Влияние температурных колебаний на деформацию и прочность конструкций многоэтажных зданий / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова [и др.] // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 244–253.

Citation:

Sakmarova L. A. Influence of temperature fluctuations on deformation and strength of structures of multistory buildings / L. A. Sakmarova, E. G. Gonik, M. A. Bakhmisova, E. G. Stepanova, E. A. Belova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 244–253.

УДК 624.01

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ДЕФОРМАЦИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Л.А. Сакмарова,
Е.Г. Гоник,
А.Г. Николаева,
М.А. Бахмисова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в современном строительстве важнейшим аспектом проектирования является обеспечение устойчивости и долговечности многоэтажных зданий. Одним из ключевых направлений в этом процессе является оптимизация расчетов деформаций конструкций. Статья посвящена расчету многоквартирного жилого дома в программных комплексах. С появлением современных программных комплексов, таких как Autodesk Revit, Renga, Сапфир, Лира-Сапр и использование технологий BIM, процесс проектирования и расчетов становится более эффективным и точным.*

Ключевые слова: *моделирование, BIM, Лира-САПР нагрузки, деформации, многослойная ограждающая конструкция.*

OPTIMIZATION OF DEFORMATION CALCULATIONS OF MULTI-STORY BUILDINGS USING SOFTWARE PACKAGES

Abstract: *in modern construction, the most important aspect of design is to ensure the stability and durability of multi-story buildings. One of the key areas in this process is the optimization of structural deformation calculations. The article is devoted to the calculation of an apartment building in software packages. With the advent of modern software packages such as Autodesk Revit, Renga, Sapphire, Lira-Sapr and the use of BIM technologies, the design and calculation process becomes more efficient and accurate.*

Keywords: *modeling, BIM, Lira-SAPR loads, deformations, multilayer enclosing structure.*

Введение

В последние два десятилетия появилось большое количество новых типов зданий как по назначению, так по конструкциям и материалам. Созданы новые стандарты и технологии безопасной жизнедеятельности людей, комфорта, энергоэффективности, экономии материалов и труда [1–12].

В современном строительстве важнейшим аспектом проектирования является обеспечение устойчивости и долговечности многоэтажных зданий. Одним из ключевых направлений в этом процессе является оптимизация расчетов деформаций конструкций. С появлением современных программных комплексов, таких как Autodesk Revit, Renga, Сапфир, Лира-САПР и использование технологий BIM (Building Information Modeling), процесс проектирования и расчетов становится более эффективным и точным. BIM представляет собой инновационный подход к проектированию, который позволяет создавать и управлять цифровыми моделями зданий на протяжении всего их жизненного цикла. Все данные о проекте, включая геометрические характеристики, материалы и эксплуатационные параметры, хранятся в единой модели. Это упрощает анализ и уменьшает вероятность ошибок. 3D-модели помогают лучше понять проект и выявить потенциальные проблемы на ранних стадиях. Возможность совместной работы разных специалистов (архитекторов, инженеров, подрядчиков) над одной моделью значительно улучшает коммуникацию и уменьшает количество ошибок [13–20].

Autodesk Revit и Renga являются одними из самых популярных программных продуктов для создания BIM-моделей. В них возводится здание с нуля. Из данных программы удобно экспортировать файы в Сапфир и Лира-САПР для выполнения расчетов и дальнейшей проверки конструкции. Лира-САПР позволяет проводить детальный анализ деформаций и становится незаменимым инструментом для инженеров-проектировщиков.

Материал и методы исследований

Лицевой и внутренний слои кирпича могут вести себя по-разному, так как обладают разными теплотехническими характеристиками. В исследовании наружные стены надземных этажей 9-ти этажного многоквартирного жилого дома – кладка из крупноформатных пустотных керамических камней Римкер 2,15 НФ М150 F50 (γ=900 кг/куб.м, λБ=0,23 Вт/м°С) с облицовкой лицевым кирпичом 1НФ М150 F75 (γ=1300 кг/куб.м, λБ=0,58 Вт/м°С).

Наиболее частыми дефектами внутреннего слоя являются промерзание, когда происходит образование наледи на внутренней поверхности стены, вызвано недостаточной теплоизоляцией, переходом критически низкой температуры внутри конструкции во внутреннюю часть стены. В результате неверного положения критической температуры внутри стены, возможно образование конденсата - скопление влаги на внутренней поверхности стены, может привести к появлению плесени и грибка и соответственно, появление трещин, из-за усадки, температурных деформаций, или неравномерной нагрузки.

Создание конечно-элементной модели многоэтажного каменного здания с наружной многослойной стеной является важным инструментом, позволяющим: прогнозировать прочность, устойчивость и долговечность

здания, оптимизировать его конструктивные решения, обеспечить безопасность и надежность эксплуатации, сократить затраты на проектирование и строительство, повысить качество строительства [21].

Использование конечно-элементного моделирования позволяет создавать более надежные, экономичные и долговечные здания, отвечающие всем современным требованиям.

Результаты и проблематика

Сама модель здания с нуля была создана в программном комплексе Autodesk Revit. Конечно-элементная модель многоэтажного здания была передана в программный комплекс Сапфир, далее экспортирована в Лира-САПР для назначения жесткостей, воздействий и нагрузок (рис. 1).

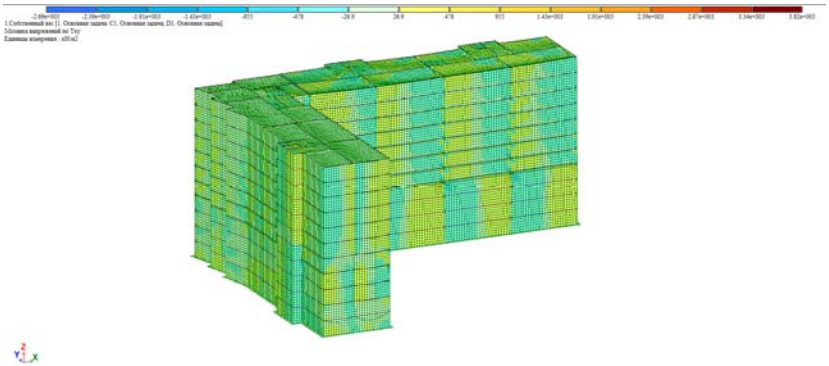


Рис. 1. Модель здания в программном комплексе Лира-Сапр

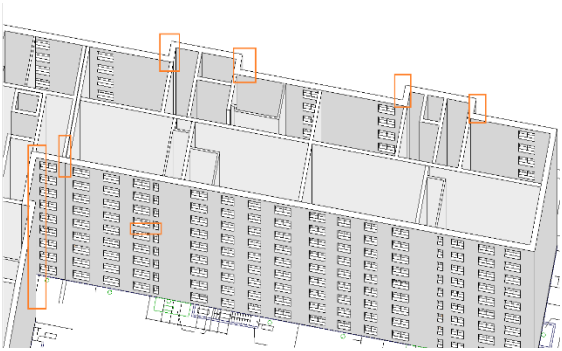


Рис. 2. Фрагмент здания с указанием опасных участков в Autodesk Revit

На рис. 2 указаны опасные места, на которые необходимо обращать внимание при проведении натурных экспериментальных исследований, так как в них возможно выпадения лицевой кладки со временем, а в углах-

максимальные напряжения. В исследовании применялись разные методы и приборы для обследования здания.

Все загружения в программном комплексе были заданы на здание и его элементы. Жесткости и материалы, принятые в расчете, можно увидеть на рис. 3. Стены и плиты перекрытия представлены пластинами разной толщины и состава.

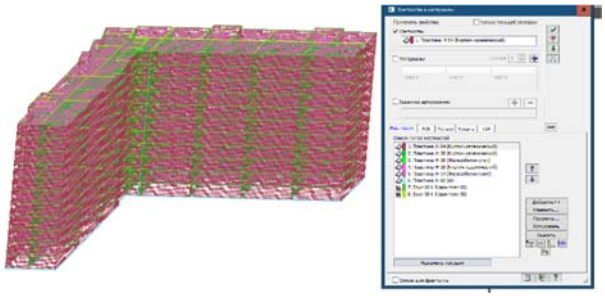


Рис. 3. Модель здания с заданными жесткостями
в программном комплексе Лира-Сапр

Заданная температуры была рассчитана на основании данных, полученных после расчета простенка, а именно на внутренней поверхности стены 17.7 градусов, на наружной -28.1 градус. Данные по температуре были заданы для холодного и теплого времени года и представляют собой РСН-1, РСН-2, РСН-3, РСН-4. Полученные результаты по нагрузкам представлены на рис. Ниже и в табл.1.

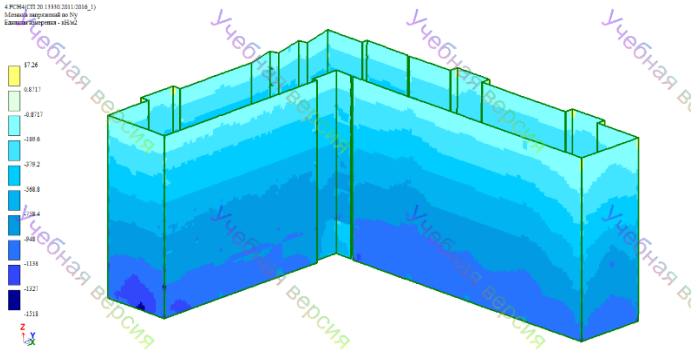


Рис. 4. Мозаика напряжений по Ny по РСН-4

В табл. 1 собраны результаты максимальных напряжений по нагрузкам с учетом ветра, и без него, где РСН-1 – напряжения от зимних температурных воздействий, РСН-2 летние вместе с зимними воздействиями, РСН-3, РСН-4 температурные воздействия с добавлением ветровых воздействий разного направления.

Таблица 1

Результаты напряжений

Показатели	РСН-1	РСН-2	РСН-3	РСН-4
Nx(кН/м2)	315,6 -514,8	61,5 -741,8	321,1 -517,9	66,99 -746
Ny(кН/м2)	130,3 -1417	87,22 -1488	130,1 -1409	87,26 -1518
Mx (кН/м2)	46 -9,041	36,44 -51,69	45,95 -9,445	36,29 -50,96
My(кН/м2)	61,93 -15,72	52,94 -71,64	61,94 -15,72	52,99 -71,48

По значениям напряжений, можно заметить, что концентрация напряжений находится в угловых зонах. Максимальные показатели будут в местах примыкания диафрагм жесткости. Вертикальные усилия достигают максимальных значений у основания здания. При действии температуры продольные напряжения максимальны на самом нижнем уровне. Нормальные напряжения достигают максимум в углах здания.

Результаты исследований показывают, что при температурных деформациях в многослойных стенах с лицевым слоем из кирпича с жесткими связями возникают значительные напряжения. Наибольшие напряжения сосредотачиваются в лицевом слое, особенно в углах и на углах оконных и дверных проемов. При определенных условиях эти напряжения могут превышать предел прочности кладки, что приводит к образованию трещин.

В зданиях нестандартной формы и выступающими элементами, включая 3D кладку, концентрация напряжений находится в угловых зонах, также максимальные показатели идет в местах примыкания диафрагм жесткости. Максимальные значения продольных усилий – у основания здания, моменты – в углах здания.

Заключение

Оптимизация расчетов деформаций многоэтажных зданий достигается путем интеграции возможностей BIM и специализированных программных комплексов. Основные стратегии включают:

– автоматизация процессов: использование автоматизированных инструментов для вычисления деформаций из Autodesk Revit и Renga и экспорта для последующего анализа в Лира-Сапр позволяет существенно сократить время на проектирование и расчеты.

– моделирование различных сценариев: применение параметрического моделирования для оценки влияния различных условий эксплуатации на деформации зданий.

– интерактивный анализ: создание интерактивных моделей, которые позволяют в режиме реального времени отслеживать изменения и их влияние на структуру.

Оптимизация расчетов деформаций многоэтажных зданий с использованием современных программных комплексов и технологий BIM – это шаг к более безопасному и эффективному строительству. Интеграция платформ, таких как Autodesk Revit и Лира-Сапр, позволяет инженерам-проектировщикам не только повысить точность расчетов, но и существенно упростить процесс проектирования.

Важно продолжать развивать навыки работы с этими инструментами и внедрять их в практику для достижения лучших результатов в строительной отрасли.

Список литературы

1. Bakhmisova, M. A., Plotnikov, A. N., Sakmarova, L. A., Petrov, M. V. Development, strength check, calculation of the wind load of a multi-layer guarding structure // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – №197. – С. 49–54.

2. Бахмисова, М. А. Прочность и деформация ограждающей конструкции с гибкими связями при температурных и силовых воздействиях / М. А. Бахмисова, М. В. Петров, Л. А. Сакмарова // Инновационные технологии в инженерных системах: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЧГУ им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2022. – С. 72–79.

3. Бахмисова, М. А., Петров, М. В., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Температурно-влажностные деформации и воздействия на элементы наружной многослойной ограждающей конструкции // Современные вопросы механики сплошных сред – 2021: Сборник статей по материалам III Международной конференции. – Чебоксары, 2021. – С. 126–138.

4. Бахмисова, М. А., Гоник, Е. Г., Сакмарова, Л. А., Плотников, А. Н. Гибкие связи в многослойной ограждающей конструкции // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 30–37.

5. Ефремова, М. П. Экологическое предпринимательство за рубежом / М. П. Ефремова, Л. А. Сакмарова // Актуальные вопросы экономики: Сборник научных трудов. – Чебоксары, 2020. – С. 71–74.

6. Петрова, В. В. Объемная кладка в фасадных системах зданий / В. В. Петрова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – С. 182–186.

7. Сакмарова, Л. А. Многослойные ограждающие конструкции, и их свойства при температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 88–96.

8. Сакмарова, Л. А. Ретроспективный анализ развития уровня комфорта жилого фонда г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Жилищное строительство. – 2017 – №12. – С. 14–19.

9. Сакмарова, Л. А. Исторический анализ развития уровня комфорта жилого фонда массовой застройки на примере г. Чебоксары / Л. А. Сакмарова // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. – 2012. – С. 26–30.

10. Сакмарова, Л. А. Анализ градостроительного объекта на температурные и силовые воздействия / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 30–34.

11. Сакмарова, Л. А. Научное исследование и устойчивость многослойных наружных стен с жесткими связями / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2024. – С. 189–196.

12. Сакмарова, Л. А. Устойчивость многослойной ограждающей конструкции при силовых и температурных воздействиях / Л. А. Сакмарова, Е. Г. Гоник, М. А. Бахмисова // Современные вопросы механики сплошных сред – 2023: сборник статей по материалам IV Международной конференции. – Чебоксары, 2023. – С. 64–71.

13. Бахмисова, М. А. Цифровизация, информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: Сборник докладов и научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 22–30.

14. Бахмисова, М. А. BIM-технологии и анализ междисциплинарных связей по дисциплинам в образовательной среде строительного факультета / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Социологические и педагогические аспекты образования: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / под ред. Л. А. Абрамовой, И. Е. Поверинова. – Чебоксары, 2019. – С. 88–93.

15. Бахмисова, М. А. Информационное моделирование и проектирование в учебном процессе / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Инновации в образовательном процессе: Сборник трудов Международной научно-практической конференции / ред. кол.: А. В. Агафонов [и др.]. – Чебоксары, 2022. – С. 16–22.

16. Бахмисова, М. А. 3D-моделирование и 3d-печать как способы знакомства и стимулирования интереса обучающихся к профессии инженера / М. А. Бахмисова, Л. А. Сакмарова // Новые компетенции цифровой реальности: теория и практика их развития у обучающихся: сборник докладов и научных статей II Всероссийской научно-практической конференции. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Министерство образования и молодежной политики Чувашской Республики; Чувашский республиканский институт образования Минобразования Чувашии; МБОУ «Гимназия № 1» города Чебоксары Чувашской Республики; НОЧУ ДО «Академия компьютерной графики». – Чебоксары, 2021. – С. 52–59.

17. Белова, Е. А. ТИМ на примере вкр бакалавров направления подготовки «строительство», профиль «проектирование зданий» / Е. А. Белова, Л. А. Сакмарова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – №3. – С. 35–39.

18. Сакмарова, Л. А. Применение BIM технологий в образовательной среде строительного факультета чувашского государственного университета / Л. А. Сакмарова, М. А. Бахмисова // Жилищное строительство. – 2017. – №10. – С. 11–17.

19. Сакмарова Л.А., Бахмисова М.А. BIM-моделирование как основной инструмент цифровизации образовательных технологий при подготовке кадров строительной отрасли // Жилищное строительство. - 2023. - №10. - С. 56-62.

20. Солин, С. В. Проблемы внедрения информационного моделирования зданий (BIM) в Чувашской Республике и пути их решения / С. В. Солин, Л. А. Сакмарова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции (Чебоксары, 25–26 ноября 2020 г.). – Чебоксары: Среда, 2020. – С. 47–54.

21. Николаева, А. Г., Иванова, Н. В., Бахмисова, М. А., Антонова, А. Э. Распределение температурных полей в ограждающих конструкциях из объемной кладки // Инновационные технологии в инженерных системах: Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 23–24 апреля 2024 г.). – Чебоксары: Среда, 2024. – С. 182–188.

Сведения об авторах:

Сакмарова Лариса Алексеевна – канд. пед. наук,, доцент, зав. кафедрой «Архитектуры и дизайна среды», ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Гоник Екатерина Григорьевна – канд. техн. наук,, доцент кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: katya.gonik@mail.ru

Николаева Анастасия Георгиевна – старший преподаватель кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: nag_sf@mail.ru

Бахмисова Мария Алексеевна – старший преподаватель кафедры архитектуры и дизайна среды, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: masha_a94@mail.ru

Sakmarova Larisa Alekseevna – candidate of pedagogic sciences, Head of the Department of "Architecture and Environmental Design" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Associate Professor, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: lara.sakmarova@mail.ru

Gonik Ekaterina Grigoryevna – candidate of engineering sciences, Associate Professor of the Department of "Building Structures" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: katya.gonik@mail.ru

Nikolaeva Anastasiia Georgievna – Senior Lecturer of the Department of " Building Structures " of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: nag_sf@mail.ru

Bakhmisova Mariia Alekseevna – Senior Lecturer of the Department of "Architecture and Environmental Design" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia. E-mail: masha_a94@mail.ru

Для цитирования:

Сакмарова, Л. А., Гоник, Е. Г., Николаева, А. Г., Бахмисова, М. А. Оптимизация расчетов деформация многоэтажных зданий с использованием программных комплексов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 254–261.

Citation:

Sakmarova L. A. Optimization of deformation calculations of multi-story buildings using software packages / L. A. Sakmarova, E. G. Gonik, A. G. Nikolaeva, M. A. Bakhmisova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 254–261.

УДК 539.384.6, 624.04, 624.014

О ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДИЛАТАЦИИ ОБОЛОЧЕК ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Трещев
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
г. Тула, Россия

Аннотация: *разработана модель деформационно-прочностного расчета тонких пологих оболочек с прямоугольным очертанием контура, гауссова кривизна которого положительна. Процесс развития напряженно-деформированного состояния оболочки можно проследить на всех стадиях, включая упругую и упругопластическую вплоть до образования пластических шарниров. В качестве конструкционных материалов оболочки приняты изотропные полимерные композиты, при упругом деформировании которых связь между тензорами напряжений и деформаций линейна, а при развитии пластичности возникает дилатансия и нарушается инвариантность пределов текучести к виду напряженного состояния.*

Ключевые слова: *условия пластичности, оболочка, дилатация, идеальная пластичность, зависимость предела текучести от вида напряженного состояния, предельные состояния.*

ABOUT PLASTIC DILATATION OF SHELLS OF COMPOSITE MATERIALS

Abstract: *A model of deformation and strength calculation of thin flat shells with a rectangular contour outline, the Gaussian curvature of which is positive, has been developed. The process of development of the stressed-deformed state of the shell can be traced at all stages, including elastic and elastoplastic up to the formation of plastic hinges. As structural materials of the shell, initially isotropic polymer composites are adopted, at elastic deformation of which the connection between stress and strain tensors is linear, and at the development of plasticity, dilatancy occurs and invariance of yield points to the kind of stressed state is violated.*

Keywords: *plasticity conditions, shell, dilatation, ideal plasticity, dependence of yield stress on the kind of stress state, limit states.*

Introduction

In construction and other branches of technology, polymer, composite and similar materials are increasingly being used as structural materials. The physical and mechanical behavior of these materials in most cases contradicts traditional theories of elastoplastic deformation. This is especially evident after the

stresses reach the yield strength. As a result of experimental studies, the dependence of the yield strength of composites on the kind of stress state, accompanied by plastic compressibility or loosening, called dilatation (dilatancy) was established [1–7]. Even widely known and long-used materials in technology, such as concrete and cast iron, have similar properties [8–11].

Plasticity conditions

To determine the plastic states of dilating materials, a number of phenomenological conditions were proposed [11–17], and directly for modern composites, the relations of limit states proposed by Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences E.V. Lomakin have found wide application. [3]:

$$F(\sigma_{ij}) = f(\xi^*)\sigma_i = k, \quad (1)$$

where $f(\xi^*)$ – is a function determined depending on the kind of stress state; $k = \sqrt{3}\tau_s$; τ_s – yield strength established at pure shear; $\xi^* = \sigma / \sigma_i$ – parameter of the kind of stress state; $\sigma = \delta_{ij}\sigma_{ij} / 3$ – medium stress; $\sigma_i = \sqrt{3S_{ij}S_{ij} / 2}$ – stress intensity; $S_{ij} = \sigma_{ij} - \delta_{ij}\sigma$ – stress tensor deviator; δ_{ij} – Kronecker symbol.

In this case, the kind of function $f(\xi^*)$ was established as a result of processing experimental data on the yield strength of a particular material under a wide range of kinds of stress states. For some specific kinds of this function, condition (1) can be reduced to the previously considered criteria of strength and ductility, that is, it partially has a generalizing character in relation to previously known ones [6; 11; 14]. The parameter $\xi^* = \sigma / \sigma_i$ or its deformation analogue, apparently, was first used in the works of A.V. Berezin, Yu.N. Rabotnov, E.V. Lomakin. and Panferova V.M. [2, 18, 19]. However, recently, separate publications have appeared [20], in which these parameters are characterized as those proposed by their authors. The plasticity condition (1) was repeatedly used to solve many applied problems, the results of which were often quite acceptable.

Obviously, the parameter $\xi^* = \sigma / \sigma_i$ has a variation interval $\pm\infty$, and this can lead to mathematical uncertainties. This parameter has been repeatedly criticized even at the level of deformation theories [21 – 24]. When using this parameter, the approximation of experimental data on determining the yield strengths corresponding to various kinds of stress states, the function $f(\xi^*)$ often exists in a limited interval ξ^*, that is, the plasticity condition (1) does not work in many cases. Therefore, the author of the presented work at one time proposed a different plasticity condition [23, 24], free from such shortcomings, to determine the limiting states of dilating composites:

$$F(\sigma_{ij}) = f(\xi)\tau = k_\tau, \quad (2)$$

where $\xi = \sigma / S_0$ – is the normalized normal stress on the octahedral site (parameter change interval ±1); $\tau = \sqrt{S_i S_i / 3}$ – tangential octahedral stress ($\tau = \sigma_i \sqrt{2}/3$); $S_0 = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$ – norm of the vector space associated with the octahedral area; $k_\tau = \sqrt{2/3}\tau_S$.

Condition (2) has undergone deep experimental testing and theoretical testing. Optimal options for the function $f(\xi)$, that approximates experimental data for a wide range of composites are presented in [23, 24]. In particular, materials such as polymethyl methacrylate, phenol plastic AG-4V, graphite composites VPP and MPG-6, cast iron MSCh38-60 are considered, for which options for linear, exponential, piecewise linear and piecewise exponential approximation of the function $f(\xi)$ are adopted, respectively.

Based on the associated law technique, plastic flow equations are formulated. Therefore, in the presented work, this condition (2) was used to construct a model of transverse bending of flat shells of positive Gaussian curvature beyond the elasticity limit.

Research techniques. Resolving equations of shell Deformation

Thin shells of a square outline with a constant surface curvature are considered, such that a mathematical model of their mechanics was built using the Kirchhoff–Love hypotheses and the Karman formalism [25]. In this case, the connections between the significant components of the shell deformation at any point of its body with the displacements of the middle surface were determined in the traditional way:

$$e_{11} = \varepsilon_{11} - z\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2}; \quad e_{22} = \varepsilon_{22} - z\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2}; \quad e_{12} = \varepsilon_{12} - z\frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2}, \quad (3)$$

where w – is the deflection of the middle surface; x_1, x_2 – cartesian coordinates of the plan of the middle surface; ε_{ij} – straines in the middle surface:

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u}{\partial x_1} - k_1 w + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial x_1}\right)^2; \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial \upsilon}{\partial x_2} - k_2 w + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial x_2}\right)^2;$$

$$2\varepsilon_{12} = \frac{\partial \upsilon}{\partial x_1} + \frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial w}{\partial x_1}\frac{\partial w}{\partial x_2};$$

u, υ – displacement of the middle surface in the direction of the corresponding axes x_1 and x_2; k_1, k_2 – curvature of the middle surface of the shell in the corresponding directions.

It should be noted here that, in contrast to the elastic scheme of the shell, the resulting straines ε_{ij}, п appear not only due to the influence of membrane forces, but are also further aggravated due to the displacement of its neutral surfaces relative to the middle, caused by the difference in stress values reaching the yield strength in opposite zones of the section.

Considering that the materials considered [23, 24], when deformed within the elastic range, do not exhibit a dependence of mechanical properties on the kind of stress state, the relationship equations between stresses and strains were established according to the generalized Hooke's law [25]:

$$\sigma_{11}=\frac{E}{1-\nu^2}(e_{11}+\nu\cdot e_{22});\ \sigma_{22}=\frac{E}{1-\nu^2}(e_{22}+\nu\cdot e_{11});\ \tau_{12}=\frac{E}{1+\nu}e_{12}, \quad (4)$$

where E – is the elastic modulus of the material; ν – Poisson's ratio.

During the transition of the shell deformation process from the elastic stage to the plastic fluidity of the material, the material can develop in one zone of sections, or in two (stretched and compressed). Such shell conditions are aggravated due to the dependence of the yield strength on the kind of stress state, as shown in fig. 1.

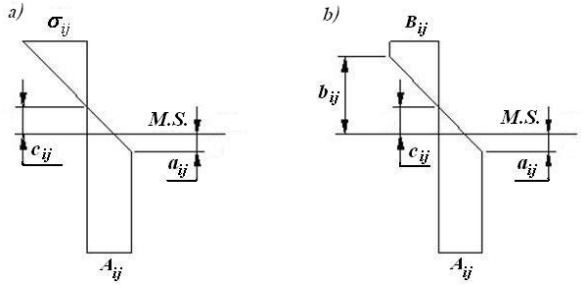


Fig. 1. Diagrams of stress distribution across shell sections beyond elasticity: a – one-sided plasticity; б – bilateral plasticity

In fig. 1 A_{ij} indicates the stresses that cause plasticity in the lower zone, and through B_{ij} – in the upper zone. The functions A_{ij} and B_{ij} are calculated in accordance with the plasticity condition (2). In the process of plastic deformation of the shell material, it can be distinguished into two stages: the state of one-sided plasticity and the state of two-sided plasticity (Fig. 1). The plasticity condition is first triggered in the outer fibers of one surface of the shell, and with increasing load, bilateral plasticity develops.

The problem of transverse bending of the shell is formulated within the framework of the theory of small elastoplastic deformations. In this case, as shown above, the traditional fundamentals of the technical theory of thin shells are used, and the stress-strain diagrams of materials have a physical yield strength (there is a yield plateau), which allows the use of a model of an ideal elastoplastic body. In addition, the loading of the shell is assumed to be simple.

Considering that the bending of the shell is considered at all stages of elastoplastic deformation, it is convenient to present the dependence of stresses on strains in a single general form:

where $F_{11} = F_{22} = \frac{E}{1-\nu^2}$; $F_{12} = \frac{E}{1+\nu}$; $r_{11} = \varepsilon_{11} + \nu \cdot \varepsilon_{22}$; $r_{22} = \varepsilon_{22} + \nu \cdot \varepsilon_{11}$; $r_{12} = \varepsilon_{12}$; $\Delta_{11} = w,_{11} + \nu \cdot w,_{22}$; $\Delta_{22} = w,_{22} + \nu \cdot w,_{11}$; $\Delta_{12} = w,_{12}$; $\chi_{11} = w,_{11}$; $\chi_{22} = w,_{22}$; $\chi_{12} = w,_{12}$.

The coordinates of the neutral surface of the shell $x_3 = c_{ij}$ are determined based on the stress being equal to zero $\sigma_{ij} = 0$. Then we have $c_{ij} = r_{ij} / \Delta_{ij}$. The positions of the boundaries of the plastic zones in terms of stresses a_{ij} and b_{ij} are determined from the obvious conditions, that $\sigma_{ij} = A_{ij}$ at $x_3 = a_{ij}$ and $\sigma_{ij} = B_{ij}$ at $x_3 = b_{ij}$ (see Fig. 1), from which we obtain

$$a_{ij} = \frac{F_{ij} \cdot r_{ij} - A_{ij}}{F_{ij} \cdot \Delta_{ij}}; \qquad b_{ij} = \frac{F_{ij} \cdot r_{ij} - B_{ij}}{F_{ij} \cdot \Delta_{ij}}. \tag{5}$$

In the general case, in the process of elastoplastic deformation of the shell, its mechanical behavior, taking into account the accepted assumptions, is reduced to solving a system of three nonlinear differential equilibrium equations [25]:

$$N_{11},_1 + N_{12},_2 = 0; \qquad N_{12},_1 + N_{22},_2 = 0;$$

$$M_{11},_{11} + 2M_{12},_{12} + M_{22},_{22} + N_{11}(w,_{11} + k_1) + 2N_{12}w,_{12} + N_{22}(w,_{22} + k_2) + q = 0, \tag{6}$$

where q – is the intensity of the transverse load; N_{ij}, M_{ij} – membrane forces, bending and torque moments.

Forces and moments are determined by integrating stresses over the thickness of the shell according to known rules:

$$N_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{ij} dx_3; \qquad M_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_{ij} x_3 dx_3. \tag{7}$$

In the elastic stage of shell deformation, system (6), taking into account traditional concepts (3), (4) and (7), is reduced to three nonlinear differential equations for displacements u , υ and w, the solution of which is known from the literature [25].

Taking into account the transformation of the equations of state to a general form that is valid at all stages of shell deformation (4), the parameters r_{ij} will be determined by the equal areas of stress diagrams distributed over the thickness of the shell, corresponding to forces (7). Thus, with the development of one-sided plasticity, we have

$$N_{ij} = \int_{-h/2}^{a_{ij}} \sigma_{ij} dx_3 + \int_{a_{ij}}^{h/2} A_{ij} dx_3 , \tag{8}$$

and with bilateral plasticity –

$$N_{ij} = \int_{-h/2}^{b_{ij}} B_{ij} dx_3 + \int_{b_{ij}}^{a_{ij}} \sigma_{ij} dx_3 + \int_{a_{ij}}^{h/2} A_{ij} dx_3 . \tag{9}$$

Obviously, the moments will be determined in accordance with rules (7) as follows: with the development of one-sided plasticit –

$$M_{ij} = \int_{-h/2}^{a_{ij}} \sigma_{ij} x_3 dx_3 + \int_{a_{ij}}^{h/2} A_{ij} x_3 dx_3 ; \tag{10}$$

when bilateral plasticity occurs –

$$M_{ij} = \int_{-h/2}^{b_{ij}} B_{ij} x_3 dx_3 + \int_{b_{ij}}^{a_{ij}} \sigma_{ij} x_3 dx_3 + \int_{a_{ij}}^{\frac{h}{2}} A_{ij} x_3 dx_3 . \tag{11}$$

The set of equations (4), (10), (11) with the simplest transformations gives expressions for moments in the form:

$$M_{ij} = R_{ij} + S_{ij} \cdot \Delta_{ij}, \tag{12}$$

where

$$R_{ij} = \frac{A_{ij}}{2}\left(\frac{h^2}{4} - a_{ij}{}^2\right) + \frac{F_{ij} \cdot r_{ij}}{2}\left(a_{ij}{}^2 - \frac{h^2}{4}\right), \quad S_{ij} = -\frac{F_{ij}}{3}\left(a_{ij}{}^3 + \frac{1}{8} b_{ij}{}^3\right) -$$

with one-sided plasticit;

$$R_{ij} = \frac{A_{ij}}{2}\left(\frac{h^2}{4} - a_{ij}^2\right) + \frac{B_{ij}}{2}\left(b_{ij}^2 - \frac{h^2}{4}\right) + \frac{F_{ij}}{2} r_{ij}(a_{ij}^2 - b_{ij}^2), \quad S_{ij} = -F_{ij}(a_{ij}^3 - b_{ij}^3)/3$$

– with bilateral plasticity.

In this case, the set of dependencies (4*), (8), (9) after transformations allows us to obtain expressions for membrane forces:

$$N_{ij} = T_{ij} + C_{ij} \cdot \Delta_{ij}, \tag{13}$$

where

$T_{ij} = A_{ij}\left(\frac{h}{2} - a_{ij}\right) + F_{ij} \cdot r_{ij}\left(a_{ij} + \frac{h}{2}\right)$, $C_{ij} = -\frac{F_{ij}}{2}\left(a_{ij}{}^2 - \frac{h^2}{4}\right)$ – with one-sided plasticit;

$T_{ij} = A_{ij}\left(\frac{h}{2} - a\right) + B_{ij}\left(b - \frac{h}{2}\right) + F_{ij} r_{ij}(a_{ij} - b_{ij})$; $C_{ij} = -F_{ij}(a_{ij}^2 - b_{ij}^2)$ – with bilateral plasticity.

Considering dependencies (3), (4), (5), (12), (13) together, and introducing them into the equilibrium equations (6), we obtain a mathematical model that describes the deformation of the shell from dilating materials in all three stages. This model is represented by a system of three nonlinear differential equations:

$$\frac{\partial(T_{11} + C_{11}\Delta_{11})}{\partial x_1} + \frac{\partial(T_{12} + C_{12}\Delta_{12})}{\partial x_2} = 0; \quad \frac{\partial(T_{12} + C_{12}\Delta_{12})}{\partial x_1} + \frac{\partial(T_{22} + C_{22}\Delta_{22})}{\partial x_2} = 0;$$

$$\frac{\partial^2(R_{11} + S_{11}\Delta_{11})}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2(R_{22} + S_{22}\Delta_{22})}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2(R_{12} + S_{12}\Delta_{12})}{\partial x_1 \partial x_2} =$$

$$= -[q + (T_{11} + K_{11}\Delta_{11})\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + (T_{22} + K_{22}\Delta_{22})\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} +$$

$$+ 2(T_{12} + K_{12} \cdot \Delta_{12}) + K_1(T_{11} + K_{11} \cdot \Delta_{11}) + K_2(T_{22} + K_{22} \cdot \Delta_{22})]. \tag{14}$$

It should be noted that the dimensions of the depths of development of plastic deformations along the thickness of the shell a_{ij} and b_{ij} do not depend on the direction ($a_{11} = a_{22} = a_{12}$, $b_{11} = b_{22} = b_{12}$), since these parameters are determined by the totality of stresses σ_{ij} arising in accordance with the plasticity condition (2), and not by a separate stress component. Therefore, you can easily omit the indices in these parameters, using the general notations *a* and *b* for them. In order for system (14) to be closed, it is necessary to add boundary conditions, which in the presented work are assumed to be the same along the entire support contour as for hinged fastening (for example, with: $x_1 = l$: $w = 0$, $\upsilon = 0$, $u = 0$, $M_{11} = 0$ (l – the length of the support contour along the corresponding axis)).

The solution of the system of nonlinear differential equations was carried out within the framework of the two-step method of successive perturbations of parameters proposed by V.V.Petrov [26]. Before applying the two-step method procedure, it is necessary to linearize the resolving differential equations (14) and boundary conditions using the method of successive loadings

[26]. The numerical implementation of the considered model was carried out using the finite-difference method. When assigning mesh sizes, the convergence of the numerical procedure was assessed.

Calculation results

For specific calculations, a flat shell, square in plan, 1000×1000 mm in size, 10 mm thick, made of polymethyl methacrylate, was adopted. The lifting boom of the middle surface of the shell in the center of the plan was taken to be 100 mm. For polymethyl methacrylate, the following mechanical characteristics were accepted: elastic modulus E=3300 MPa; Poisson's ratio ν=0,3; plasticity constant k_τ=58,9 MPa. A function that depends on the kind of stress state $f(\xi)$, and is included in the plasticity condition (2) was adopted in accordance with the data on processing experimental studies of limit states [23, 24] in exponential form:

$$f(\xi) = \exp(A_1\xi), \tag{15}$$

where A_1=0,424.

The calculation of the shell was carried out taking into account three variants of plasticity conditions: 1) use of condition (2); 2) according to condition (1) taking into account the corresponding function ξ^* and constant $k = \sqrt{3}\tau_s$ [3]; 3) application of the Mises condition, which does not take into account the dependence of the yield strength on the kind of stress state. The load on the shell was assumed to be uniformly distributed over the entire surface. The load step interval was taken for all calculation options at a constant 5 kPa in the elastic stage of deformation, and when the yield strength was reached – 5 kPa, decreasing to 100 Pa as the intensity of deflections increased. Taking into account the symmetry of the load case and the geometry of the shell in plan, its fourth part was calculated, covered with a mesh of size 15×15, which ensured the necessary accuracy of the solution.

As the results of the calculations in Fig. 2 shows the processes of increase in the maximum relative deflections of the shell in its plan center w/h as the intensity of the transverse load q increases using three models of plasticity conditions. The solid line shows the dependence of the growth of deflections obtained using condition (2), the dashed line – in accordance with the E.V.Lomakin model (1), and the dash-dotted line – with the classical Mises model. In Fig. 2, the following designations for the characteristic states of the shell are introduced: I.1 – the occurrence of plastic deformations during calculations using the plasticity condition (2); I.2 – moment of formation of a plastic hinge when calculating according to condition (2); II.1 – the occurrence of plastic deformations during calculations using the plasticity condition (1); II.2 – moment of formation of a plastic hinge when calculating according to condition

(1); III.1 – the occurrence of plastic deformations during calculations using the von Mises limit state; III.2 – formation of a plastic hinge when calculating using the von Mises limit state.

In Fig. 3 and 4 demonstrate the trends in the propagation of areas of plastic deformation along the surfaces of the shell (upper and lower). Pictures of plasticity zones are also calculated for three variants of plasticity conditions and are presented at two characteristic values of load intensity. The areas of the shell surfaces in which plastic deformations occurred are shaded.

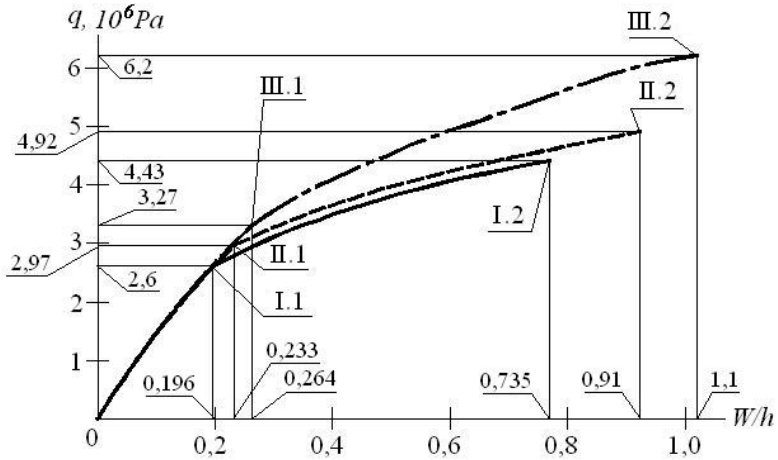


Fig. 2. Increase in maximum deflections depending on load intensity

Additionally, to illustrate the characteristic states in the process of elasto-plastic deformation of a shell made of polymethyl methacrylate, table 1 shows numerical parameters for the intensity of loads that first cause plasticity and the formation of plastic hinges, calculated for three variants of limit state conditions. The percentages of discrepancy between the values of limit states when calculating using conditions (1) and (2) in comparison with the Mises theory are given in parentheses.

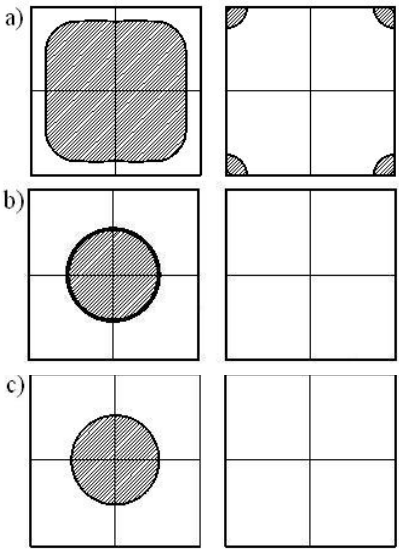


Fig. 3. Development of plastic zones along the lower and upper surfaces of the shell at a load intensity of 3,85 MPa: a) – calculation according to condition (2); b) – calculation according to condition (1); c) – calculation according to the Mises condition

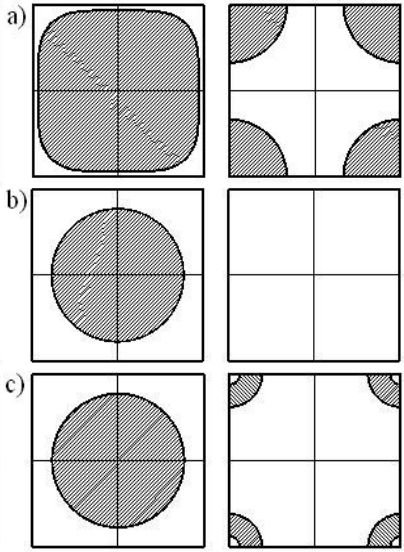


Fig. 4. Development of plastic zones along the lower and upper surfaces of the shell at a load intensity of 4,12 MPa: a) – calculation according to condition (2); b) – calculation according to condition (1); c) – calculation according to the Mises condition

Additionally, to illustrate the characteristic states in the process of elasto-plastic deformation of a shell made of polymethyl methacrylate, table 1 shows numerical parameters for the intensity of loads that first cause plasticity and the formation of plastic hinges, calculated for three variants of limit state conditions. The percentages of discrepancy between the values of limit states when calculating using conditions (1) and (2) in comparison with the Mises theory are given in parentheses.

Analysis and discussion of results

Analysis of the results of calculating the elastic-plastic states of the shell shown in Fig. 2 shows that when plastic deformations appear at the initial stage, the values of maximum deflections obtained using conditions (2) and (1) differ insignificantly and do not exceed 9%.

Table 1

Variant of the plasticity condition	Load intensity at appearance of plasticity, MPa		Load intensity upon the onset of plastic hinges, MPa
	On the top surface	On the bottom surfaces	
Treshchev (2)	3,85 (28,1%)	2,6 (25,8%)	4,43 (40,0%)
Lomakin (1)	4,82 (2,3%)	2,97 (10,0%)	4,92 (26,0%)
Mises	4,93	3,27	6,20

With increasing load, the discrepancy between these values tends to maintain the specified interval. At the same time, there are significant differences in the values of deflections calculated with conditions (2) and (1) in relation to the calculation results taking into account the Mises theory. These differences with developed plasticity zones reach 30%. To prevent violation of the rigor of the calculation, changes in the parameters of the stress-strain states of the shell were analyzed in order to detect local unloadings, which were not established until the formation of plastic hinges. Additional data from Table 1 demonstrate the fact that the load intensity causing the appearance of plasticity in the lower fibers of the shell, calculated using equation (2) differs from option (1) by 14,2%. The difference in calculating maximum deflections according to model (2) in comparison with the classical Mises theory reaches 25,8%, and for model (1) – 10%. Similar differences in the magnitude of the loads causing the appearance of plastic deformations in the upper fibers of the shell are 25,2%, 28,1% and 2,3%, respectively (see table 1). The intensity of the load causing the formation of plastic hinges, calculated using condition (2), differs from the data of the Mises theory by 40%, and for the version using equation (1) – by 26%. Between themselves, the values of the indicated loads calculated on the basis of conditions (2) and (1) differ by 11,1%.

Conclusion

The presented mathematical model of the deformation of thin shells made of dilating materials and the calculations carried out using the example of polymethyl methacrylate clearly show that when determining the states of such structures beyond elasticity, traditional theories of plasticity lead to significant errors. These errors manifest themselves when determining the limiting states of the formation of plastic hinges, when the Mises theory leads to an error in the values of the maximum loads on a hinged shell of up to 40% (polymethyl methacrylate material), and in the values of deflections – up to 49,7%.

It should also be noted that due to the advantages of the plasticity condition (2), its use is more appropriate for calculating shells beyond elasticity, which has been confirmed experimentally.

Bibliography

1. Ainbinder, S. B. The influence of hydrostatic pressure on the mechanical properties of polymer materials / S.B.Ainbinder, M.G.Laka, I.Yu.Majors // Polymer Mechanics. – 1965. – No. 1. – P. 65–75.

2. Resistance to deformation and fracture of isotropic graphite materials under complex stress conditions / A. V.Berezin et al. // Problems of strength. – 1979. – No. 2. – P. 60–65.

3. Lomakin, E. V. Dependence of the limiting state of composite and polymer materials on the kind of stress state // Mechanics of composite materials. – 1988. – No. 1. P. 3–9.

4. Fridman, A. M. Study of the destruction of carbon-graphite materials under complex stress conditions / A. M. Fridman, Yu. P. Anufriev, V. N. Barabanov // Problems of strength. – 1973. – No. 1. – P. 52–55.

5. Zhukov, A. M. Strength properties of polymethyl methacrylate under biaxial tension // Ing. Sat. – 1960. – Vol. 1. Issue. 2. – P. 200–204.

6. Goldman, A. Ya. Strength of structural plastics. – L.: Mechanical Engineering, 1979. – 320 p.

7. Ainbinder, S. B. Properties of polymers at high pressures / S. B. Einbinder, K. I. Alksne, E. L. Tyupina, M. G. Laka. – M., 1973.

8. Bazant, Z. P. Endochronic Theory of Inelasticity and Failure of Concrete / Z. P. Bazant, P. D. Bhat // Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE. – 1976. – Vol. 102. No. EM4. – P. 701–722.

9. Tasuji, M. E. Stress-Strain Response and Fracture of Concrete in Biaxial Loading / M. E.Tasuji, F. O.Slate, A. H.Nilson // ACI Journal. – 1979. – No. 7. – P. 806–812.

10. Leonov, M. Ya. Dependences between strains and stresses for semi-brittle bodies / M. Ya. Leonov, V. A. Panyaev, K. N. Rusinko // Ing. magazine MSB. – 1967. – No. 6. – P. 26–32.

11. Yagn, Yu. I. Strength and ductility of modified cast iron under various stress states / Yu. I. Yagn, V. V. Evstratov // Reports Academy of Sciences of the USSR. – 1957. – Vol. 113. No. 3. – P. 573–575.

12. Goldenblat, I. I. Strength criteria for structural materials / I. I. Goldenblat, V. A. Kopnov. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 192 p.

13. Pisarenko, G. S. Deformation and strength of materials under complex stress state / G. S. Pisarenko, A. A. Lebedev. – Kyiv: Naukova Dumka, 1976. – 416 p.

14. Balandin, P. P. On the issue of strength hypotheses // Bulletin of engineers and technicians. – 1937. – No. 1. – P. 37–41.

15. Geniev, G. A. On the issue of generalizing the theory of concrete strength / G. A. Geniev, V. N. Kissyuk // Concrete and reinforced concrete. – 1965. – No. 2. – P. 16–19.

16. Tolokonnikov, L. A. On the shape of the limiting surface of an isotropic body / L. A. Tolokonnikov // Applied mechanics. – 1969. – Issue. 10. – Vol. 5. – P. 123–126.

17. Green, R. J. A plasticity theory for porous solid / R. J. Green // Int. J. Mech. Sci. – 1972. – Vol. 14. – P. 215–227.

18. Lomakin, E. V. Relations of the theory of elasticity for an isotropic body of different moduli / E. V. Lomakin, Yu. N. Rabotnov // News Academy of Sciences of the USSR. MSB. – 1978. – No. 6. – P. 29–34.

19. Panferov, V. M. Theory of elasticity and deformation theory of plasticity for bodies with different properties for compression, tension and torsion // Reports Academy of Sciences of the USSR. – 1968. – Vol. 180. – No. 1. – P. 41–44.

20. Kruglov, V. M. Relationships between stresses and strains in a nonlinearly deformable body. Part 1. Basic principles and relationships of the mechanics of a deformable solid body / V. M. Kruglov, S. V. Bakushev, A. I. Shein, V. T. Erofeev, S.D.S. Al Dulaimi, A. A. Tomilov // Expert: Theory and practice. – 2023. – No. 4 (23). – P. 154–163.

21. Treshchev, A. A. Theory of deformation and strength of materials with initial and induced sensitivity to the kind of stress state. Defining relations. – M.; Tula: RAACN; Tula State University, 2016. – 326 p.

22. Treshchev, A. A. Theory of deformation and strength of differently resistant materials. – Tula: Tula State University, 2020. – 359 p.

23. Treshchev, A. A. Dependence of limit states of structural materials on the kind of stress state // News of higher educational institutions. Construction. – 1999. – No. 10. – P. 9–18.

24. Treshchev, A. A. On the theory of plasticity of dilating materials of different resistance // Problems of mechanical engineering and automation. – International magazine. – 2003. – No. 2. – P. 58–62.

25. Timoshenko, S. P. Plates and shells / S.P.Timoshenko, S.Voinovsky–Krieger. – M.: Fizmatgiz, 1966. – 636 p.

26. Petrov, V. V. Methods for calculating structures made of nonlinear deformable material / V. V. Petrov, I. V. Krivoshein.–M.: ASV, 2009. – 208 p.

Сведения об авторах:

Трещев Александр Анатольевич – член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия. E-mail: taa58@yandex.ru

Alexander A. Treshchev – Corresponding Member of the RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department, Tula State University, Tula, Russia. E-mail: taa58@yandex.ru

Для цитирования:

Трещев, А. А. О пластической дилатации оболочек из композитных материалов / А. А. Трещев // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 262–274.

Citation:

Treshchev A. A. About plastic dilatation of shells of composite materials / A. A. Treshchev // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 262–274.

УДК 699.88

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ МЕТОДОМ ПРИКЛАДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗАЛЬТОВОЙ АРМАТУРЫ

К.А. Фабричная,
Э.Р. Рахимов
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Казань, Россия

Аннотация: *при необходимости сохранить исторический облик здания в процессе реконструкции применяются методы усиления конструкций, учитывающие не только технические аспекты, но и эстетические, и усиление каменной кладки методом прикладки один из них. В статье приводятся результаты численного моделирования усиления каменной кладки методом прикладки с использованием базальтовой арматуры.*

Ключевые слова: *кладка, восстановление, усиление, базальтовая арматура, компьютерное моделирование.*

STUDY OF STRENGTHENING OF MASONRY BY APPLICATION METHOD USING BASALT REINFORCEMENT

Abstract: *if it is necessary to preserve the historical appearance of the building during the reconstruction, methods of strengthening structures are used that take into account not only technical aspects, but also estethical ones, and strengthening of stone masonry by the method of application is one of them. The article presents the results of numerical modeling of strengthening of stone masonry by the method of application using basalt reinforcement.*

Keywords: *masonry, restoration, strengthening, basalt reinforcement, computer modeling.*

Введение

В современном мире всё больше зданий, которые утратили своё первоначальное функциональное назначение, но являясь памятниками архитектуры, подвергаются приспособлению для нового использования. Часто несущие конструкции, в частности кирпичные стены, таких здания находятся в ограниченно-работоспособном или аварийном состоянии, особенно в цокольной и подвальной частях зданий, подвергающихся замачиванию, в связи с чем возникает расслоение кладки, достигающее значительной глубины, рис. 1. При восстановлении работоспособности стен и

столбов таких зданий необходимо учитывать не только технические аспекты, но и эстетические, использовать методы, которые позволят сохранить исторический облик здания. Еще одной особенностью усиления кирпичных стен объектов культурного наследия является то, что все работы происходят с использованием только известкового раствора или ремонтного состава на известковой основе, максимальная марка которого – М50, а самые распространенные – М25, при этом прикладка ведется из «оригинальных» кирпичей или близких им по прочностным характеристикам [1].

а б

Рис. 1. Расслоение лицевой версты исторической кладки зданий – ОКН, нуждающейся в восстановлении: а – стены подвала фабрики Крестовниковых, б – надземная часть стен фабрики Алафузовых

Одним из вариантов восстановления разрушенных стен является прикладка (перекладка), которая выполняется в тех участках, где необходимо предотвратить появление трещин или разрушение стены под воздействием нагрузок или внешних факторов. Согласно СП 427.1325800.2018 «Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления» прикладка используется для ремонта лицевого слоя. Варианты технических решений усиления и восстановления облицовок каменных стен, где для обеспечения конструктивной связи между новой кладкой и старой используются металлические связи и анкера, представлены в справочниках [2] и в различных научных работах, во всех решениях предлагается установка анкеров под углом 30^0 и диаметр стальных связей 10–12 мм, отверстия под анкеры 350–400 мм, с шагом 600–800 мм. Например, в статье авторов [3] указан возможный метод ремонта лицевой кладки с помощью анкеровки металлических стержней BIT для предотвращения развития вертикальных трещин и разрушения кладки. В рекомендованных решениях по

устройству прикладки СТО НОСТОЙ [4] учитывается горизонтальная постановка анкеров диаметром 10 мм с отгибами в швы кладки с глубиной заделки в старую кладку 100 мм. Однако в вышеуказанных материалах не упоминается усиление методом прикладки с использованием композитной арматуры. Использование композитной арматуры с современных нормах предусмотрено только для ремонта многослойных кладок, но при этом не предлагается установка связей в горизонтальные растворные швы – установка под углом в 15^0, глубина не менее 90 мм. Учитывая вышеизложенное, нет обоснования глубины анкеровки связей, возможности использования специальных анкерующих элементов или составов, кроме эпоксидного клея, шага постановки и диаметра анкеров. Помимо этого, в нормах не приведена методика оценки несущей способности элемента, восстановленного методом прикладки. Методика оценки несущей способности усиления центрально-сжатых элементов установкой стальных шпилек в горизонтальные растворные швы предлагается в исследованиях Ищука [5], однако предлагаемые схемы усиления значительно отличаются конструктивным решением.

Наиболее близкими по конструктивному решению к прикладке являются двуслойные стены с гибкими или жесткими связями, которые проектируются по указаниям СП 327.1325800.2017 «Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта», в котором прописано, что прочность кладочного раствора при установке связей должна соответствовать марке не ниже М100, глубина заделки в горизонтальный растворный шов составлять не менее 100 мм, диаметр композитных стержней не уточняется, количество связей не менее 5 шт/м^2. При этом современные композитные связи могут выпускаться с отгибами, анкерными уширениями, анкерными гильзами из высокопрочного пластика разной конструкции, опесчанеными концами, со сплошным песчаным покрытием, диаметрами от 2 мм и более, для гибких связей обычно принимаются стержни диаметром от 6 мм. Экспериментальными исследованиями различных авторов [6–8] установлено влияние вида поверхности композитного стержня и диаметра на несущую способность изгибаемых элементов и анкеровку в бетоне, при этом отмечена максимальная эффективность опесчаненых поверхностей и малых диаметров при увеличении числа стержней, что может быть учтено при разработке оптимального конструктивного решения прикладки с композитными связями. Так же установлено преобладание адгезионной составляющей в анкеровке композитной арматуры, а вырыв стержней происходит по граничному с арматурой слою бетона, то есть ограничивается прочностью бетона на сдвиг. Экспериментальные исследования анкеровки арматуры [9], в том числе нескольких видов стеклопластиковых анкеров, диаметрами 6 и 7 мм, в кирпичной кладке на цементно-песчаных растворах М100 и М125 при глубине анкеровки 120 мм показали: большие усилия на вырыв для композитных анкеров, по сравнению со

стальными, а среди них лучшую анкеровку для анкера с конструктивным «якорем»; лучшую анкеровку для образцов из полнотелых кирпичей; марка раствора значительно влияет на выдергивающее усилие. Показана эффективность небольшой глубины анкеровки для стеклопластиковых анкеров на растворах высоких марок и полнотелого кирпича, однако применение других видов анкеров и менее прочных растворов нуждаются в дальнейших исследованиях.

Материал и методы исследований

Наиболее напряженными элементами стен являются простенки, которые могут работать в условиях центрального и внецентренного сжатия. Ранее на кафедре ЖБ и КК магистрантом Рафиковым И.И. под руководством К.А. Фабричной были выполнены численные и экспериментальные исследования столбов, усиленных прикладкой с внецентренно приложенной нагрузкой, имитирующей нагрузку от балки перекрытия. Образцы выполнялись размером 380х510х975 (прикладка 120 мм) из полнотелого керамического кирпича М125 на цементно-песчаной универсальной смеси М150, с использованием базальтовой гибкой связи типа ГС2, диаметром 6 мм, длиной 400 мм, установленных в горизонтальные растворные швы на химический анкер TYTAN PROFESSIONAL EV I, рис. 2 а, б. Экспериментально установлена совместность работы слоев усиленного сечения, вплоть до 70% от разрушающих нагрузок, достаточная анкеровка и прочность материала связей, разрушение произошло по зоне смятия от раздробления кирпичей, рис. 2.

В данной работе, в продолжение исследований, авторами исследуется вариант восстановления и усиления внутреннего простенка, работающего в условиях центрального сжатия. Рассматривается вариант устройства прикладки с одной стороны сечения.

Рис. 2. Испытания внецентренно-сжатых элементов, усиленных прикладкой: а – образцы с установленными связями, б – образцы, подготовленные к испытанию на прессе, в – характер разрушения столба, г – состояние связей

Предварительно, для оптимизации программы экспериментальных исследований проводится многофакторное компьютерное моделирование. Необходимость оценки работы анкеров в горизонтальных растворных швах вызывает применение гетерогенной модели каменной кладки в объемной постановке задачи, состоящей из объемных элементов – кирпичей, горизонтальных и вертикальных растворных швов и стержней – связей. В первом приближении расчеты выполняются в линейной постановке в программном комплексе ЛИРА САПР. Выполнено моделирование столба сечением 380х380 мм и прикладки сечением 380х130 мм из кирпича М125 и раствора М150, высота образца – 975 мм. Для совместной работы старой и новой кладки смоделирована базальтовая гибкая связь d10 мм длиной 400 мм, глубина заделки в кирпичную кладку которой составила 300 мм, 100 мм располагается в зоне прикладки. Расположение связей выполнено в шахматном порядке, максимально часто, по аналогии с ранее проведенными исследованиями, что позволяет равномерно распределить вырывающие усилия, рис. 3.

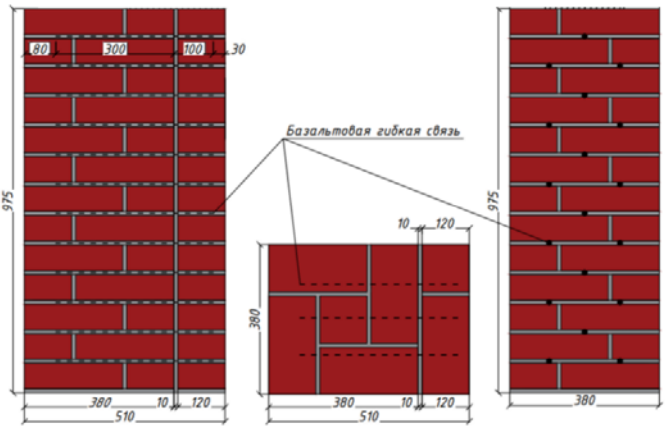


Рис. 3. Схема моделируемого образца

В рамках этапа исследуется н.д.с. трех вариантов моделей: столб без прикладки 380х380 мм, столб с прикладкой без анкеров, столб с прикладкой с анкерами. Нагрузка задается равномерно по поверхности столба, связь анкеров с объемными элементами жесткая.

Результаты и проблематика

По результатам моделирования получены картины распределения напряжений в моделях, их интенсивность, включенность связей по высоте столба, распределение напряжений по длине анкера.

Моделирование столба без усиления подтвердило, что:

– кирпичи находятся в состоянии многоосного сжатия, с соотношением вертикальных/горизонтальных сжимающих напряжений по высоте кладки от 3,5(верхний ряд) до 6,67 (3 ряд), концентрация сжимающих напряжений в камнях прослеживается в верхних 5 рядах кладки, неоднородность распределения поперечных напряжений в сечениях спровоцирована нижележащими вертикальными растворными швами;

– горизонтальные растворные швы находятся в условиях сжатия-растяжения по всей высоте столба, с соотношением вертикальных сжимающих/ горизонтальных растягивающих напряжений 0,5 до 0,1, максимальная интенсивность растягивающих напряжений в 3 по высоте растворном шве.

Характерное распределение напряжений для базовой кладки показано на рис. 4.

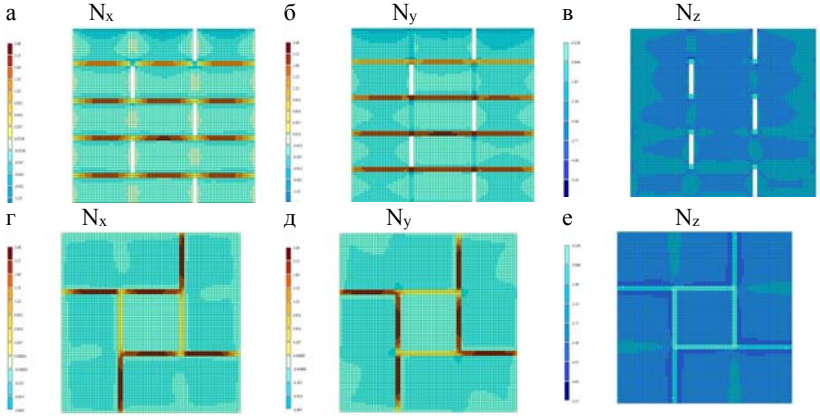


Рис. 4. Распределение напряжений, МПа в сечениях образца без прикладки: а-в – сечение по верхним пяти рядам кладки; г-е – напряжения на уровне третьего сверху ряда кладки

При появлении прикладки характер распределения напряжений изменяется, схемы распределения близки между собой, но отличаются интенсивностью напряжений, вертикальный растворный шов провоцирует концентрацию сжимающих напряжений в старой и новой кладке, в целом напряжения в элементах кладки за счет увеличения поперечного сечения снижаются, см рис. 5. В горизонтальных растворных швах растягивающие напряжения снижаются в 1,35 раза, в камнях продольные и поперечные сжимающие напряжения уменьшаются.

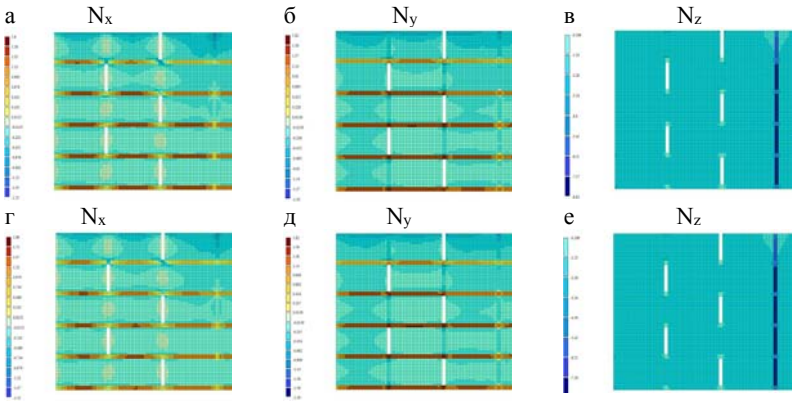
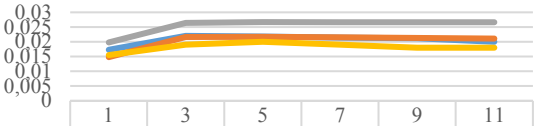


Рис. 5. Распределение напряжений в верхних рядах кладки, МПа в сечениях образца с прикладкой: а –в прикладка без установки анкеров; г-е с анкерами

Напряжения и деформации по длине связей распределяются неоднородно, изменение значений растягивающих усилий в зависимости от увеличения нагрузки в характерных зонах наиболее напряженной связи, на уровне 5 растворного шва, показано на рис. 6а. По длине связи конструктивно можно выделить 3 характерных участка слева направо: зона анкеровки в основную кладку, участок вертикального шва, зона анкеровки в прикладку. Напряжения в характерных зонах стержня распределяются неоднородно, см. 6 б: в зоне основной кладки максимальные напряжения соответствуют уровню вертикальных швов, минимальные значения по центру камней, ближе к зоне прикладки максимальные напряжения чуть меньше, неоднородность распределения напряжений до 2,5 раз; в зоне вертикального растворного шва напряжения достигают максимальных значений к середине шва; в прикладке эпюра напряжений уменьшается от шва к краю кладки, неоднородность распределения напряжений от 2,73 до 2,44. Зависимость усилия N от изменения нагрузки в характерных зонах близка к линейной и показана в виде графика, рис. 7.

а

б



	1	3	5	7	9	11
кл мах	0,0173	0,022	0,0218	0,0214	0,0212	0,02
кл.слева	0,0148	0,0216	0,0217	0,0215	0,0213	0,0211
шов	0,0198	0,0264	0,0267	0,0266	0,0266	0,0266
прикладка	0,0155	0,019	0,02	0,019	0,018	0,018

кл мах кл.слева шов прикладка

Рис. 6. Неоднородность распределения напряжений в связях:
а –по длине наиболее напряженного стержня; б – в характерных зонах
по высоте в нечетных рядах швов

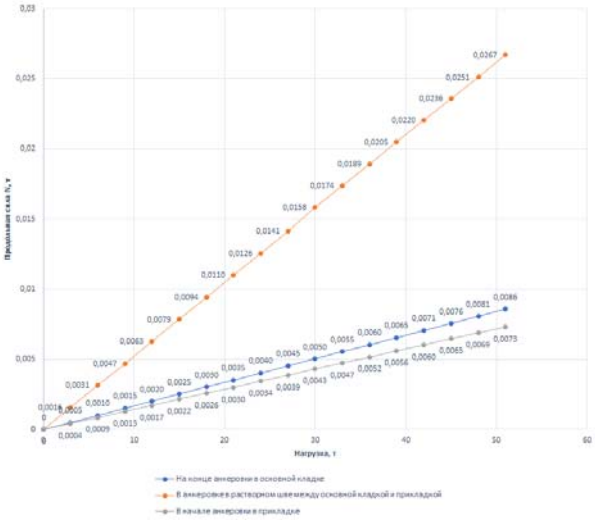


Рис. 7. Зависимость максимальных усилий N, т
в характерных зонах от нагрузки

Заключение

Полученные результаты показывают необходимость дальнейших численных исследований, в части влияния глубины анкеровки, шага связей по высоте, уменьшения марок раствора и камня, уменьшения диаметра связи. Выполнения моделирования в нелинейной постановке и использованием диаграмм деформирования материалов в ПК ANSYS. Проведение натурного эксперимента для подтверждения эффективности предлагаемого метода восстановления работоспособности кладки, который запланирован на первый квартал 2025 г.

Благодарности

Авторы выражают благодарность И.И. Рафикову как первому исследователю усиления прикладкой на нашей кафедре за детальное планирование технологии производства работ и проведение экспериментальных исследований и заведующему лабораторией кафедры ЖБиКК КГАСУ, ст. преподавателю Е.В. Хорькову, за помощь и поддержку при подготовке и проведении натурных испытаний.

Список литературы

1. Панькин, О. И. Особенности реконструкции кирпичной кладки стен объектов культурного наследия / О. И. Панькин, Ю. В. Климова // Шаг в науку. – 2022. – №2. – С. 11–15.

2. Мальганов, А. И. Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений: учебное пособие / А. И. Мальганов, В. С. Плевков. – Томск : Печатная мануфактура, 2022. – 391 с.

3. Избицкая, Ю. С. Анализ дефектов и методы ремонта лицевого слоя кирпичной кладки многослойных стен на примере жилого дома в г. Перми / Ю. С. Избицкая, С. В. Калошина, Д. Г. Золотозубов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10. №4. – С. 40–50. DOI: 10.15593/2224-9826/2019.4.04 2019.

4. СТО НОСТРОЙ/ НОП 2.9.142-2014 «Восстановление и повышение несущей способности кирпичных стен. Проектирование и строительство. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ» – Москва, 2018. – 128 с.

5. Ищук, М. К. Исследование кирпичной кладки, усиленной инъекцией раствора в сочетании с косвенным армированием / М. К. Ищук, Е. М. Ищук // Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее: Сборник тезисов докладов Международной научной конференции ЖБК-2024. – Казань : КазГАСУ, 2024. – С. 15.

6. Антаков, И. А. Особенности работы изгибаемых элементов с полимерной композитной арматурой под нагрузкой / И. А. Антаков // Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее: Сборник тезисов докладов Международной научной конференции ЖБК-2024. – Казань : КазГАСУ, 2024. – С. 80.

7. Хозин, В. Г. Совместимость полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном в конструкциях / В. Г. Хозин, А. Р. Гиздатуллин // Строительные материалы. – 2017. – №11. – С. 30–38.

8. Гиздатуллин, А. Р. Совместная работа эпоксидного композита и защитного покрытия с цементным бетоном в зоне их адгезионного контакта / А. Р. Гиздатуллин, В. Г. Хозин // Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее: Сборник тезисов докладов Международной научной конференции ЖБК-2024. – Казань : КазГАСУ, 2024. – С. 70.

9. Орлович, Р. Б. О работе анкеров в многослойных ограждающих конструкциях с наружным кирпичным слоем / Р. Б. Орлович, Н. М. Рубцов, С. С. Зимин // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – №1 (36). – С. 3–11.

Сведения об авторах:

Фабричная Ксения Александровна – канд. техн. наук,, доцент кафедры «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ)», г. Казань, Россия. E-mail: fabrichnayak@list.ru

Рахимов Эмиль Ринатович – студент-магистрант кафедры «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ)», г. Казань, Россия. E-mail: rakhimove@bk.ru

Fabrichnaya Kseniya Alexandrovna – Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures in Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Kazan State University of Architecture and Engineering, Candidate of Sciences (Engineering), Kazan, Russia. E-mail: fabrichnayak@list.ru

Rahimov Emil Rinatovich – Student, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures in Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Kazan State University of Architecture and Engineering Kazan, Russia. E-mail: rakhimove@bk.ru

Для цитирования:

Фабричная, К. А. Исследование усиления каменной кладки методом прикладки с использованием базальтовой арматуры / К. А. Фабричная, Э. Р. Рахимов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 275–284.

Citation:

Fabrichnaya K. A. Study of strengthening of masonry by application method using basalt reinforcement / K. A. Fabrichnaya, E. R. Rahimov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 275–284.

УДК 691.328.4

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПЕРЕМЫЧЕК ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

К.А. Фабричная,
Р.И. Юнусов
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Казань, Россия

Аннотация: *современные стеновые материалы отличаются размерами от кирпичной кладки, требуется новые конструктивные элементы для организации проемов, в том числе сплошные и комплексные сечения из керамзитобетона с использованием композитной арматуры. В статье приводятся варианты возможных конструктивных решений, их сравнение по несущей способности, технологичности изготовления и стоимости.*

Ключевые слова: *перемычки, комплексное сечение, композитная арматура, керамзитобетон.*

DEVELOPMENT OF STRUCTURAL SOLUTIONS FOR LINTELERS MADE OF EXPANDED CLAY CONCRETE

Abstract: *modern wall materials differ in size from brickwork, new structural elements are required to organize openings, including solid and complex sections made of expanded clay concrete using composite reinforcement. The article provides options for possible design solutions for lintels, comparing them in terms of load-bearing capacity, manufacturability and cost.*

Keywords: *lintels, complex sections composite reinforcement, expanded clay concrete.*

Введение

Относительно высокая масса железобетона – качество в определенных условиях положительное, но во многих случаях нежелательное. Для уменьшения массы конструкций применяют менее материалоемкие тонкостенные и пустотелые конструкции, а также конструкции из бетона на легких и пористых заполнителях, что дополнительно обеспечивает пониженную теплопроводность конструкции. На сегодняшний день, керамзитобетон прежде всего отождествляется с керамзитобетонными блоками. Это строительный материал модульного типа, применяемый прежде всего при возведении ограждающих конструкций. В основе выбора потребителя его как ограждающую конструкцию является основное его преимущество – низкая теплопроводность.

В период активного строительства в 60-х – 80-х гг в СССР, в частности промышленных предприятий, наибольшую популярность в качестве ограждающей конструкции получила – керамзитобетонная стеновая панель. Планы на широкое применение керамзитобетонных стеновых панелей послужило основой для выполнения многофакторных исследований свойств материалов в области легких конструкций [1]. В современной практике, керамзитобетон прежде всего отождествляется с керамзитобетонными блоками. Это строительный материал модульного типа, сплошной или пустотный, рис. 1, применяемый прежде всего при возведении ограждающих самонесущих конструкций – заполнений каркасов, несущих конструкций в зданиях малой этажности [2].

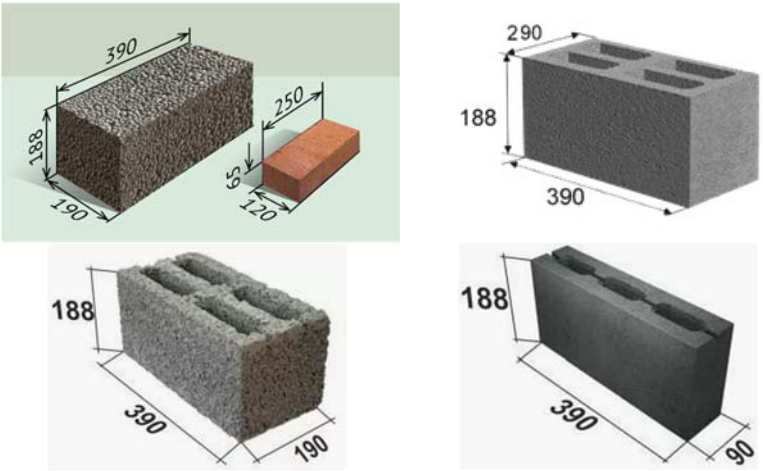


Рис. 1. Современная номенклатура блоков из керамзитобетона, основные типоразмеры и сечения

Размеры блоков, отличающиеся от модуля кирпичной кладки, приводят к проблемам при организации проемов – опалубочные формы типовых брусковых и плитных перемычек не совпадают по габаритам ширина-высота, что вынуждает использовать докладку кирпичом, или стальные профили, что значительно снижает термическую однородность конструкции, рис. 2. Существует объективная необходимость снижения массы перемычки, изменения ее геометрии, минимизации металлических включений. Подобные вопросы решались для стен из газобетоных блоков, полистеролбетонных блоков, крупноформатных керамических камней. Конструктивно принято два подхода – использование перемычки плитой или брусковой из соответствующего материала (кроме керамики) и использование комплексного сечения с бетонным сердечником.

Рис. 2. Пример организации проема в ограждающей конструкции

Исследования изгибаемых элементов из керамзитобетона, в том числе комплексного слоистого сечения, армированных стальной арматурой гладкого и периодического профиля проводились ранее [3]. Применение легких бетонов, при их армировании неметаллической арматурой позволит исключить мостик холода, а также дополнительно облегчить вес конструкции. Также применение легких бетонов с малой теплопроводностью может решить проблему низкой огнестойкости полимерной арматуры. Данные решения успешно реализованы в газобетонных перемычках, армированных плоскими и пространственными каркасами с композитной арматурой. Еще один вариант повышения несущей способности и жесткости перемычки – использование жесткого армирование в виде тонкостенного стального профиля реализуется для перемычек из полистеролбетона. [4].

Применение композитной арматуры в различных видах изгибаемых железобетонных конструкций изучено многочисленными отечественными [5–7] и зарубежными авторами, однако они отмечают ряд вопросов, которые остаются открытыми в нормативных методиках в части расчетов по образованию, раскрытию трещин, прогибам, нарушению сцепления композитной арматуры с бетоном, приводящую к разрушению по наклонным сечениям. В экспериментальных исследованиях сцепления, выполненных под руководством В.Г. Хозина [7; 8], отмечается, что сцепление арматуры с бетоном зависит от типа поверхности АСК, а лучшие результаты при испытаниях балок получены при использовании большого количества стержней малого диаметра.

Применение композитной арматуры для керамзитобетонных конструкций исследовано для сжатых элементов – стен и столбов – в виде сеток армирования в растворных швах [9] и в качестве гибких связей для многослойных стен.

Авторами были предложены конструкции комплексных перемычек для кладки ограждающих конструкций и межквартирных перегородок из

пустотелых керамзитобетонных блоков, получен патент на полезную модель [10], рис. 3.

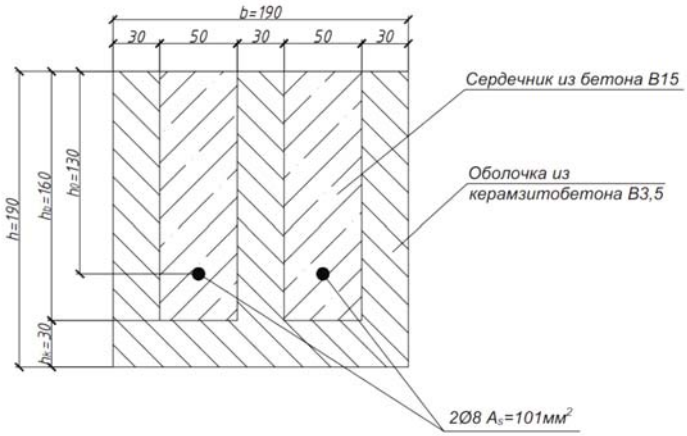


Рис. 3. Геометрическое сечение комплексной перемычки [10; 11]

Перемычка представляет собой оболочки из четырехщелевого керамзитобетонного блока, в полости которых в растянутой зоне через удаленные стенки установлена рабочая арматура, соединенные сердечником из бетона. Характеристики, принятые для комплексных сечений перемычек, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики комплексных сечений перемычек

Элемент сечения	Тип 1	Тип 2	Тип 3
Оболочка	Керамзитобетонный блок 190*190*390, В3.5, D1000 $R_{b,n}$=2,7МПа, $R_{bt,n}$=0,39МПа, E_b=5500МПа		
Арматура	А5002d8 $R_{s,n}$=500МПа E_s=200000МПа	АСК 2d8 $R_{f,n}$=560 МПа E_f=55000МПа	
Сердечник 100*160(h)	Тяжелый бетон В15 $R_{b,n}$=11МПа, $R_{bt,n}$=1,1Мпа, E_b=24000МПа		Легкий бетон В15 D1200,E_b=10500МПа

Материал и методы исследований

На первом этапе исследований, выполненных Р.Р. Нигаметзяновым под руководством К.А. Фабричной, комплексные сечения перемычек трех типов с разным армированием моделировались в ПК ANSYS, в объемной постановке задачи, где предварительно был установлен характер напряженно-деформированного состояния, образования и распределения трещин, разрушающие нагрузки [11]. Характеристики материалов из табл. 1

задавались соответствующими диаграммами деформирования. Верификация задачи выполнялась по данным экспериментальных исследований изгибаемых железобетонных элементов [5]. Анализ результатов расчетов сечений по методике СП 427.1325800.2018 «Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления» с авторскими дополнениями и численного моделирования определил выбор сечений 1 и 2 для проведения дальнейших экспериментов.

На втором этапе исследований в лаборатории кафедры ЖБ и КК КГАСУ в 2023 г. магистрантом У. Абдуллаевым под руководством К.А. Фабричной, выполнены экспериментальные исследования изгибаемых элементов комплексного сечения тип 1 и тип 2 со стальной и композитной арматурой, рис. 4. Размеры готовой перемычки 190х190х1600мм *(высота, ширина, длина)*, над проемом шириной 1460мм. Выбор пролета обусловлен возможностями испытательного стенда.

Технологический процесс изготовления образцов состоял из следующих этапов:

– удаление поперечных стенок в стеновом блоке, механическим способом с помощью ручного электроинструмента;

– соединение блоков-оболочек с помощью цементно-песчаной смеси в опалубку, с прижиманием блоков для плотного заполнения швов-стыков;

– установка в опалубку арматурного стержня с фиксацией в проектном положении;

– заливка бетонного сердечника.

Балки испытывались после набора бетоном сердечника 100% прочности, через 28 суток после изготовления на прессе ГРМ-50. Для оценки н.д.с. на поверхность оболочки из керамзитобетона, сердечник (сверху) и арматуру наклеивались тензодатчики, прогибы определялись с помощью индикаторов часового типа. Испытания проводились на прессе ГРМ-50. Нагрузка на образцы подавалась поэтапно, с шагом 1 кН, с выдержкой 10 минут и снятием показаний приборов на каждом этапе.

Параллельно оценивалась прочность стеновых блоков, кубов бетона по стандартным методикам ГОСТ.

Дополнительно выполнены испытания по оценке сцепления керамзитобетонного блока с тяжелым бетоном на сдвиг.

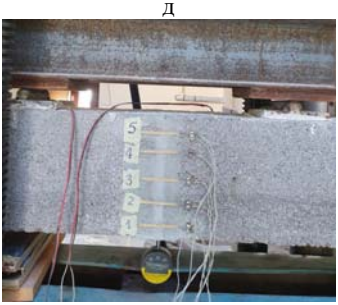
а

б

в

г

д



е

Рис. 4. Экспериментальные исследования комплексной перемычки: а-г этапы изготовления образцов, д-размещение тензодатчиков, е-образец, подготовленный к испытаниям на прессе

Результаты и проблематика

По результатам испытания установлено, что при армировании отдельными стержнями разрушение происходит по наклонному сечению независимо от вида арматуры при нарушении анкеровки, что говорит о необходимости модификации конструктивного решения в части армирования, рис. 5.

Разрушение образцов с композитной арматурой произошло при нагрузке 13кН, а со стальной арматурой при 25 кН, что подтвердило лучшее сцепление стальной арматуры с бетоном. Оба разрушающих усилия значительно превысили предварительно определенные по методике СП, несущая способность перемычки с металлической арматурой выше в 1,92 раза.

Ширина раскрытия нормальных трещин для всех типов перемычек превысила допустимые значения, однако у перемычки с композитной арматурой высота развития нормальных трещин больше.

Дополнительно выполненное испытание по сцеплению керамзитобетонного блока с бетоном на сдвиг показало, что соединение контактное соединение бетон – керамзитобетон выдерживает усилие 5кН.

Так же при подъеме готовых перемычек в проектное положение для испытаний были нарушены вертикальные растворные швы между блоками-оболочками, что требует или использование специальной строповки (распределяющей подкладки) или дополнительное механическое соединение оболочек между собой.

а

б

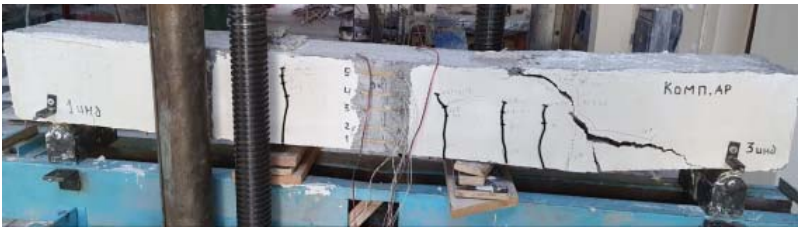


Рис. 5. Характер разрушения образцов перемычек:
а – со стальной арматурой, б – с композитной арматурой

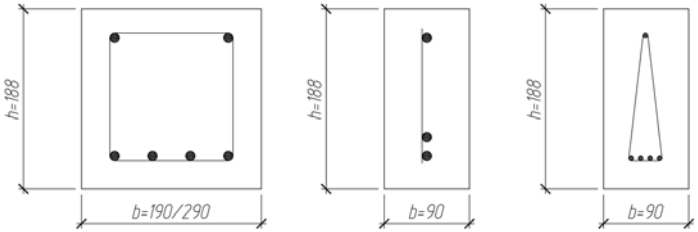
Учитывая результаты предыдущих этапов исследований, авторы предлагают дальнейшее развитие конструктивных решений перемычек в двух направлениях:

1) изготовление перемычек из сплошного керамзитобетона трех основных типоразмеров, с армированием плоскими и объемными каркасами из АСК арматуры, рис. 6 а;

2) изготовление комплексных перемычек с оболочкой из специальных блоков без внутренних перегородок, с бетонным сердечником, с армированием плоскими и объемными каркасами из АСК арматуры, рис. 6 б.

Особенностью решений является использование для объемных каркасов спиральных пространственных хомутов – пружин из стеклопластика квадратного и треугольного поперечного сечения, применение продольной арматуры меньшего диаметра (сопоставимо по общей площади с испытанной ранее) для улучшения сцепления, дополнительное соединение блоков оболочек на пластиковые штифты при изготовлении перемычки на стенде.

а



б

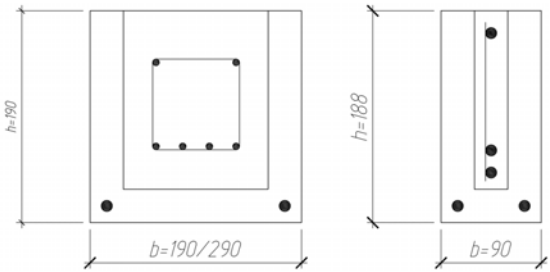


Рис. 6. Предлагаемые к дальнейшему исследованию перемычки из керамзитобетона с композитной арматурой: а – сплошного, б – комплексного сечения

Снижение стоимости изготовления перемычек можно достигнуть с использованием заводских технологий изготовления за счет высокой степени автоматизации и механизации. Для сборки комплексной перемычки

из керамзитобетонного блока необходим стандартный блок без поперечных перегородок, который формируется в специальной матрице, с необходимыми размерами. При крупномасштабном заводском производстве керамзитобетонных блоков используются высокопроизводительные автоматизированные конвейерные линии. Их основными технологическими элементами являются бетоносмеситель, формовочная линия с вибропрессом и отделение сушки.

На небольших производствах используются стационарные линии с частичной автоматизацией процесса и меньшей производительностью. Существуют также мини-установки с высокой долей ручного труда и малой производительностью. Непосредственное изготовление перемычки из составных блоков не вызывает значительных трудностей, однако сам процесс пока не автоматизирован, что требует дополнительных трудозатрат человека.

Материалы для изготовления керамзитового блока или перемычки, а это цемент, песок, вода, керамзит, являются местными и находятся в постоянном доступе. Следовательно цена самого блока-оболочки относительно не велика. Изготовление окончательного изделия в виде комплексной перемычки, требует дополнительных трудозатрат, бетонной смеси и стержней арматуры. Композитная стержневая и гнутая арматура доступна у многих отечественных производителей, и конкурентоспособна со стальной. Вес готовых изделий меньше, чем у сплошных бетонных сечений.

Заключение

Конструкции из легких бетонов, в частности из керамзитобетона, с большим преимуществом заняли нишу ограждающих конструкций, тем не менее не смогли окончательно исключить использование традиционных железобетонных конструкций – перемычек проемов. Авторами исследования предлагается использование в качестве замены железобетонной перемычки – керазмзитобетонных перемычек сплошных и комплексных сечений для кладки ограждающих конструкций и межквартирных и внутриквартирных перегородок из керамзитобетонных блоков, различных видов, выпускаемых на заводах РФ.

Для исключения выявленных на первых этапах исследований недостатков комплексных сечений, авторами предлагается выполнить численное моделирование и экспериментальные исследования керамзитобетонных перемычек со следующими отличительными особенностями:

– в качестве армирующего элемента использовать каркас из стержней композитной арматуры малого диаметра, в том числе пространственный;

– учесть при численном моделировании контактную работу керамзитобетонных блоков друг с другом, бетона сердечника с керамзитобетонными блоками, податливое сцепление композитной арматуры с бетоном.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Р.Р. Нигаметзянову как первому исследователю комплексных сечений, применившему численное моделирование и уточнившему методику расчета комплексных сечений по СП, Абдуллаеву У. за детальное планирование и проведение технологии изготовления и экспериментальные исследования перемычек и заведующему лабораторией кафедры ЖБиКК КГАСУ, ст. преподавателю Е.В. Хорькову, за помощь и поддержку при подготовке и проведении натурных испытаний.

Список литературы

1. Гениев, Г. А., Киссюк, Н. В., Левин, Н. И., Никонова, Г. А. Прочность легких и ячеистых бетонов при сложном напряженном состоянии. – Москва : Стройиздат, 1978. – 166 с.

2. Горин, В. М. Применение керамзитобетона в строительстве путь к энерго и ресурсоэффективности, безопасности зданий и сооружений / В. М. Горин // Строительные материалы. – 2010. – №8. – С. 8–11.

3. Корнеев, Н. А. Расчет конструкций из легких бетонов / Н. А. Корнеев, А. А. Кудрявцев. – Москва : Стройиздат, 1967. – 106 с.

4. Рахманов, В. А. Экономичные энергосберегающие каменные и железобетонные стеновые конструкции из негорючего полистеролбетона при различных внешних воздействиях / В. А. Рахманов, В. И. Мелихов, А. В. Юнкевич // Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее: Сборник тезисов докладов Международной научной конференции. (ЖБК-2024). – Казань : КазГАСУ, 2024. – С. 15.

5. Антаков, И. А. Особенности работы изгибаемых элементов с композитной полимерной арматурой под нагрузкой / И. А. Антаков // Жилищное строительство. – 2018. – №5. – С. 15–18.

6. Бегунова, Н. В., Грахов, В. П., Возмищев, В. Н., Кислякова, Ю. Г. Сравнительная оценка результатов испытаний бетонных балок с композитной арматурой и расчетных данных // Наука и техника. – 2019. – Т. 18. №2. – С.155–163. DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-2-155-163

7. Хозин, В. Г. Совместимость полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном в конструкциях / В. Г. Хозин, А. Р. Гиздатуллин // Строительные материалы. – 2017. – №11. – С. 30–38.

8. Гиздатуллин, А. Р. Совместная работа эпоксидного композита и защитного покрытия с цементным бетоном в зоне их адгезионного контакта / А. Р. Гиздатуллин, В. Г. Хозин // Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее: Сборник тезисов докладов Международной научной конференции. (ЖБК-2024). – Казань : КазГАСУ, 2024. – С. 70.

9. Крамаренко, А. В. Использование композитной арматуры процессе возведения кладки из керамзитобетонных блоков / А. В. Крамаренко, О. А. Красильникова // Наука.Техника.Технологии (Политехнический вестник). – 2018. – №1. – С. 215–218.

10. Пат. 217281, Российская Федерация, МПК E04C 3/02. Перемычка с железобетонным сердечником в несъемной опалубке из керамзитобетона / К. А. Фабричная, Э. К. Миндубаев, Е. В. Хорьков. № 2022131165, заявл. 30.11.2022, опубл. 24.03.2023.

11. Фабричная, К. А. Оценка прочности комплексных перемычек из керамзитобетонных блоков / К. А. Фабричная // Вестник гражданских инженеров. – 2023. – №6 (101). – С. 31–42.

Сведения об авторах:

Фабричная Ксения Александровна – канд. техн. наук,, доцент кафедры «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Архитектурно-Строительный Университет (КГАСУ)», г. Казань, Россия. E-mail: fabrichnayak@list.ru

Юнусов Рустам Ильдарович – магистрант кафедры «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Архитектурно-Строительный Университет (КГАСУ)», г. Казань, Россия. E-mail: YunusovRI@yandex.ru

Fabrichnaya Ksenia A. – associate professor, department of reinforced concrete and masonry structures in Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Kazan State University of Architecture and Engineering, Candidate of Sciences (Engineering), Kazan, Russia. E-mail: fabrichnayak@list.ru

Yunusov Rustam Ildarovich – Master's student of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering (KGASU), Kazan, Russia. E-mail: YunusovRI@yandex.ru

Для цитирования:

Фабричная, К. А. Разработка конструктивных решений перемычек из керамзитобетона / К. А. Фабричная, Р. И. Юнусов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 285–295.

Citation:

Fabrichnaya K. A. Development of structural solution for lintels made of expanded clay concrete / K. A. Fabrichnaya, R. I. Yunusov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 285–295.

УДК 624.012.45

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ ПРОДАВЛИВАНИИ

В.Б. Филатов,
М.М. Артемьев
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара, Россия

Аннотация: *представлены результаты поверочных расчетов прочности опытных образцов железобетонных плит при внецентренном продавливании. Расчеты производились по методике российских и зарубежных норм проектирования. Отмечены общность подходов и различия в расчетных моделях плит при продавливании, представлен анализ полученных результатов.*

Ключевые слова: *железобетон, плоская плита, внецентренное продавливание, расчетная модель.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF NORMATIVE METHODS FOR CALCULATING THE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE SLABS UNDER ECCENTRIC PUNCHING

Abstract: *the results of verification calculations of the strength of experimental samples of reinforced concrete slabs under eccentric punching are presented. Calculations were performed according to the methodology of Russian and foreign design codes. The commonality of approaches and differences in the calculation models of slabs under punching are noted, and an analysis of the obtained results is presented.*

Keywords: *reinforced concrete, flat plate, eccentric punching, calculation model.*

Введение

В нормах проектирования СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» рассматриваются два случая расчета прочности железобетонных плит на продавливание – центральное продавливание (при отсутствии изгибающего момента в колонне) и внецентренное продавливание, при котором необходимо учитывать напряжения на расчетном контуре продавливания, возникающие от действия изгибающего момента в колонне.

Результаты экспериментально-теоретических исследований прочности железобетонных плит при центральном продавливании достаточно обширны [1–7]. Количество публикаций по результатам исследований прочности железобетонных плит при внецентренном продавливании заметно меньше [8–12].

Расчетные модели плиты при внецентренном продавливании, принятые в российских и зарубежных нормах имеют много общего. Расчетная модель, принятая в СП 63.13330.2018, имеет наибольшее соответствие расчетной модели американских норм ACI 318-19. Но есть и существенные отличия в части учета влияния изгибающего момента в колонне на величину напряжений в плите на расчетном контуре продавливания

Материал и методы исследований

В российских нормах проектирования СП 63.13330.2018 принято, что в расчете на внецентренное продавливание учитывается половина изгибающего момента, действующего в колонне. В американских нормах ACI 318-19 величина изгибающего момента, учитываемого на расчетном контуре продавливания, определяется умножением на коэффициент γ_v, который зависит от соотношения сторон расчетного контура продавливания:

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1+\frac{2}{3}\sqrt{b_1/b_2}} \quad (1)$$

где b_1 и b_2 – размеры расчетного контура продавливания вдоль направления действия изгибающего момента и перпендикулярно ему, соответственно.

В таблице 1 приведены значения коэффициента γ_v в зависимости от соотношения сторон сечения колонны $n = C_{max} / C_{min}$, где сторона C_{max} расположена вдоль направления действия изгибающего момента.

Таблица 1

Зависимость коэффициента γ_v от отношения сторон сечения колонны

n	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
γ_v	0,378	0,419	0,449	0,474	0,495	0,513	0,529	0,536	0,555

Результаты в таблице 1 показывают, что в диапазоне изменения значения n от 1 до 3 величина изгибающего момента, учитываемого на расчетном контуре продавливания, менее рекомендуемого российскими нормами СП 63.13330.2018. При значении n более 3 коэффициент γ_v превышает значение 0,5. Таким образом, изгибающий момент, действующий в колонне квадратного сечения, в наименьшей степени догружает расчетный контур продавливания. Для прямоугольного

сечения с отношением сторон n = 3 значение коэффициента γ_v достигает 0,5, что соответствует рекомендации российских норм СП 63.13330.2018.

Поверочные расчеты выполнялись для опытных образцов, испытанных авторами [9; 10] и авторами настоящей статьи. В работе [9] приведены результаты испытаний образца E0U на продавливание плиты колонной-пилоном, большая сторона сечения которой расположена по направлению действия изгибающего момента (рис. 1), авторами настоящей статьи проведены испытания образца КСП-4М на продавливание плиты колонной-пилоном, расположенной меньшей стороной сечения по направлению действия изгибающего момента (рис. 2).

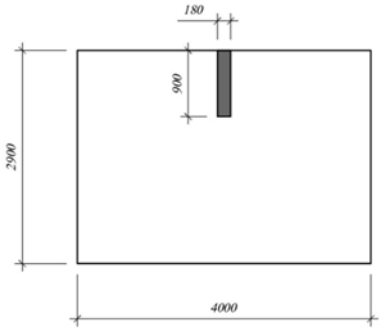


Рис. 1. Образец E0U авторов [7]

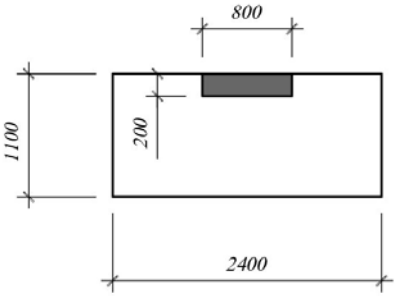


Рис. 2. Образец КСП-4М авторов статьи

В работе [10] приведены результаты испытаний образца XXX на продавливание железобетонной плиты колонной квадратного сечения с размерами в плане 250×250 мм. Все рассмотренные образцы имели незамкнутый контур расчетного сечения.

Поверочные расчеты опытных образцов выполнялись по методикам СП 63.13330.2018 и ACI 318-19 в соответствии с принятыми в них условиями прочности:

– СП 63.13330.2018 $$\frac{F}{u} + \frac{M}{W} \leq R_{bt} h_0; \quad (2)$$

– ACI 318-19 $$\nu = \frac{V_u}{b_0 d} \pm \frac{\gamma_{vx} M_{ux} c_x}{J_x} \leq \nu_c \quad (3)$$

Все обозначения приведены в соответствии с нормативными документами. Характеристики испытанных образцов и величины разрушающих усилий приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики испытанных образцов

Марка	h_0, мм	C_1, мм	C_2, мм	μ %	f_c', МПа	R_{bt}, МПа	V_u, кН	M_u, кН·м
E0U	107	900	180	1,1	33,3	3,1	245	81
КСП-4М	100	800	200	1,5	30,0	2,6	240	59
XXX	89	250	250	0,79	33,0	3,38	125	38

Здесь

h_0 – рабочая высота сечения плиты;

C_1 – размер сечения колонны в плоскости действия момента;

C_2 – размер сечения колонны в перпендикулярной плоскости;

V_u и M_u – предельные величины опытных значений продавливающей силы и изгибающего момента.

Результаты и проблематика

Результаты выполненных поверочных расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты поверочных расчетов опытных образцов

Марка	Расчет по СП 63.13330.2018				Расчет по ACI 318-19				
	σ_F, МПа	σ_M, МПа	σ_{ult}, МПа	σ_{ult} / R_{bt}	σ_F, МПа	γ_v	σ_M, МПа	σ_{ult}, МПа	σ_{ult} / ν_c
E0U	1,04	0,57	1,61	0,52	1,04	0,55	0,65	1,69	1,24
КСП-4М	1,71	0,24	1,95	0,75	1,71	0,26	0,48	2,19	1,61
XXX	1,51	0,74	2,25	0,67	1,51	0,38	1,23	2,74	2,0

Результаты поверочных расчетов, приведенные в таблице 3, позволяют сделать вывод, что величина напряжений на расчетном контуре продавливания от действия продавливающего усилия одинакова по обеим методикам. Это закономерно, поскольку форма и положение расчетного контура продавливания в обеих методиках одинаковы. Различие можно отметить в величине напряжений на расчетном контуре продавливания от действия изгибающего момента в колонне. Очевидно, что в этом случае методика расчета по СП 63.13330.2018 дает более осторожную оценку по сравнению с методикой ACI 318-19. Тем не менее, результаты расчета по методике ACI 318-19 также показали хорошее соответствие расчетных и опытных значений – во всех случаях опытные значения превышали расчетные показатели прочности.

Заключение

Результаты поверочных расчетов прочности опытных образцов железобетонных плит при внецентренном продавливании показали что обе рассмотренные методики расчета дают хорошее соответствие расчетных и опытных значений – во всех случаях опытные значения превышали расчетные показатели прочности. Отмечено, что методика расчета по СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» дает более осторожную оценку по сравнению с методикой ACI 318-19 в части определения усилий на расчетном контуре продавливания от действия изгибающего момента в колонне.

Список литературы

1. Залесов, А. С. Продавливание железобетонных плит / А. С. Залесов, К. Е. Ермуханов, С. Г. Качановский // Исследование железобетонных конструкций при статических, повторных и динамических воздействиях. – Москва : НИЖБ Госстроя СССР, 1984. – С. 17–22.

2. Клевцов, В. А. Действительная работа узлов плоской безбалочной безкапительной плиты перекрытия с колоннами при продавливании / В. А. Клевцов, А. Н. Болгов // Бетон и железобетон. – 2005. – №3. –С. 17–19.

3. Трекин, Н. Н. Скрытые металлические капители безбалочных монолитных перекрытий / Н. Н. Трекин, Д. А. Пекин // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 7. – С. 17–20.

4. Тамразян, А. Г. К оценке надежности железобетонных плоских безбалочных плит перекрытий на продавливание при действии сосредоточенной силы в условиях высоких температур / А. Г. Тамразян, Ю. Н. Звонов // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – No 7. – С. 24–28.

5. Мирсаяпов, И. Т. Теоретические исследования напряжённо-деформированного состояния продавливания плоских железобетонных перекрытий в местах сопряжения с колоннами / И. Т. Мирсаяпов, Г. П. Никитин, М. Ф. Ханбеков // Известия КГАСУ. – 2019. – №2 (48). – С. 159–167.

6. Muttoni, A. Shear strength of members without transverse reinforcement as function of critical shear crack width /A. Muttoni, M. Fernández Ruiz // ACI Str. J. – 2008. – Vol. 105. No. 2. – P. 163–172.

7. Setiawan, A. Punching of RC slabs without transverse reinforcement supported on elongated columns / A. Setiawan, R. L. Vollum, L. Macorini, B. A. Izzuddin // Structures. – 2020. –Vol. 27. – P. 2048–2068.

8. Карпенко, Н. И. К построению общей методики расчета железобетонных плит на продавливание с учетом влияния моментов / Н. И. Карпенко, С. Н. Карпенко // Вестник МГСУ. – 2011. – Т. 2. №3. – С. 86–91.

9. Anggadjaja, E. Edge-Column Slab Connections under Gravity and Lateral Loading / E. Anggadjaja, S. Teng // ACI Str. J. – 2008. – Vol. 105. No 5. – P. 541–551.

10. El-Salakawy, E. F., Reinforced concrete slab–column edge connections with shear studs / E. F. El-Salakawy, M. A. Polak, M. H. Soliman // Can. J. Civ. Eng. – 2000. – No 27. – P. 338–348.

11. Ferreira, M. P. Tests on the punching resistance of flat slabs with unbalanced moments / M. P. Ferreira, M. H. Oliveira, G. S. S. A. Melo // Engineering Structures. – 2019. – No 196. – P. 109311.

12. Ghali, A. Design of Concrete Slabs for Punching Shear: Controversial Concepts / A. Ghali, Ramez B. Gayed, W. Dilger // ACI Str. J. – 2015. – No 4. – P. 505–514.

Сведения об авторах:

Филатов Валерий Борисович – канд. техн. наук,, доцент, профессор кафедры «Железобетонные конструкции» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия. E-mail: vb_filatov@mail.ru

Артемьев Михаил Михайлович – аспирант кафедры «Строительная механика, инженерная геология, основания и фундаменты» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, Россия. E-mail: misha135000@mail.ru

Filatov V. B. – professor of the Department of Reinforced Concrete Structures in Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Samara State Technical University», Candidate of Sciences (Engineering), Docent, Samara, Russia. E-mail: vb_filatov@mail.ru

Artemyev M. M. – postgraduate student of the Department of Structural Mechanics, Engineering Geology and Foundations in Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Samara State Technical University», Samara, Russia. E-mail:misha135000@mail.ru

Для цитирования:

Филатов, В. Б. Сравнительный анализ нормативных методик расчета прочности железобетонных плит при внецентренном продавливании / В. Б. Филатов, М. М. Артемьев // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 296–301.

Citation:

Filatov V. B. Comparative analysis of normative methods for calculating the strength of reinforced concrete slabs under eccentric punching / V. B. Filatov, M. M. Artemyev // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 296–301.

УДК 378.147

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ СИМУЛЯЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОГНОЗНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И.А. Чигинская,
В.Г. Теличко
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
г. Тула, Россия

Аннотация: *статья посвящена разработке информационно-справочной системы для симуляционного обучения прогнозному моделированию несущих конструкций в строительстве. Предложена структура системы, ориентированная на формализацию и передачу опыта моделирования через использование специализированного языка описания действий, поддерживающего выполнение учебных задач в CAE-средах. Подробно рассматриваются механизмы автоматизированной помощи пользователю в интерфейсе симулятора, способствующие самостоятельному освоению навыков и повышению профессиональной компетентности в проектировании строительных объектов.*

Ключевые слова: *симуляционное обучение, формальный язык действий, прогнозное моделирование, несущие конструкции, CAE.*

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION AND REFERENCE SYSTEM FOR SIMULATION-BASED TRAINING IN PREDICTIVE MODELING OF LOAD-BEARING STRUCTURE BEHAVIOR IN CONSTRUCTION

Abstract: *the article focuses on the development of an information and reference system for simulation-based training in predictive modeling of load-bearing structures in construction. A system structure is proposed that centers on formalizing and transferring modeling experience through a specialized action description language that supports educational tasks in CAE environments. The paper examines mechanisms for automated assistance to users within the simulator interface, facilitating self-guided skill acquisition and enhancing professional competencies in construction design.*

Keywords: *simulation-based training, formal action description language, predictive modeling, structure, CAE.*

Введение

Современные CAE-системы (Computer-Aided Engineering Systems) реализуют численное решение разрешающих систем физико-математических уравнений, которые отличаются большим количеством параметров, отображающих многочисленные свойства материалов в составе конструкций, воздействий на неё, а также геометрические и кинематические особенности их

несущих элементов и узлов. К ним должны быть присоединены и параметры, конкретизирующие настройку используемых численных методов.

Это означает, что массив исходных данных, которые пользователь должен передать в CAE-систему, большой и не может быть задан на одном экране монитора, отображающем текущее состояние программы. Решение этой проблемы найдено в виде процесса передачи указанных данных посредством специально разработанных форм-окон, которые содержат небольшой перечень редактируемых полей и допускают модификацию значений отдельных параметров и/или их групп.

Речь идёт именно о модификации значений, поскольку современные CAE-системы содержат шаблоны типовых расчётных схем несущих конструкций, оснащённых значениями, заданными «по умолчанию».

Пользователь, взаимодействуя с отдельным окном и конкретным полем, должен передать в банк данных разрабатываемой модели поведения несущей конструкции соответствующие параметру поля данные. Очевидно, что окна и поля должны иметь метки (наименования, идентификаторы), которые пользователю нужно находить и распознавать на экране в текущий момент деятельности. Кроме этого, ему нужно обеспечить задание значения в выбранное поле. С учётом количества исходных параметров общее количество подобных операций даже для простейших моделей, несущих конструкции достаточно велико.

Именно по этой причине в стандартном учебном процессе получить или хотя бы ознакомиться с детальным опытом решения даже типовых задач моделирования не удаётся, так как ресурс времени на соответствующие учебные дисциплины недостаточен. Более того, подобный детализированный опыт просто отсутствует, так как отсутствуют средства его материализации и тиражирования. А предлагаемые разработчиками примеры носят упрощённый характер, поскольку ориентированы на верификацию функционирования CAE-системы, а не учебный процесс по её изучению. Количество таких примеров от разных разработчиков значительно отличается, а их описания воспринимается достаточно неоднозначно, так CAE-система представлена отдельными объектами в форме снимков с экранов её функционирования. В таких описаниях оказываются опущенными детали действий пользователя, которые и создают указанную неоднозначность.

В итоге приходится констатировать, что имеет место как проблема изучения конкретной среды CAE-системы, так и проблема приобретения опыта работы с ней в рамках учебной деятельности, в том числе – самообразовательной.

Решение сформулированных проблем авторы видят в использовании симуляционной технологии обучения, оснащённой информационно-справочной системой, которая не только объясняет *все* детали реализации целевого алгоритм прогнозного моделирования поведения несущей конструкции строительного объекта [1–4], но и может одновременно обучать фиксации своего

опыт в форме листинга на языке описания выполняемых действий [5].

Знание такого языка позволяет в процессе самообразовательной учебной деятельности оперативно изучать опыт моделирования, анализируя и выделяя новые для себя параметры модели и действия по их передаче в банк данных [6]. Подобными параметрами, которые определяют на текущий момент уровень профессиональной компетентности проектировщика, являются факторы различных видов нелинейности физико-математических моделей напряжённо-деформированного состояния (НДС) несущих конструкций строительных объектов [7].

Материал и методы исследований

Источником данных для деятельности пользователя CAE-системы является техническое задание на проектирование.

Поскольку, по представленным в техзадании данным, должен быть получен прогноз НДС состояния несущей конструкции под воздействиями, изменяющими значения характеристик НДС и их распределение по несущим элементам и узлам расчётной модели, первоочередной целью пользователя является структурированная деятельность по созданию банка исходных данных прогнозной модели средствами автоматизированной среды моделирования. Структура баз данных в составе банка определяется разработчиком программного обеспечения (ПО) автоматизированной системы.

Рассмотрим целевой алгоритм, исполнение которого обеспечивает достижение фундаментальной цели при создании в среде CAE-системы модели прогнозного поведения – индивидуализацию значения компонента параметра (кортежа). Указанный алгоритм можно представить в форме иерархической структуры (рис. 1).

Анализируя эту структуру, отметим, что достижение цели в форме значения компонента параметра выполняется операцией выбора независимо от характера значения (знаковое или числовое). Такой вывод следует из состава возможных операций, допустимых парадигмой WIMP [8] и описываемых компонентом Pointer в акрониме WIMP. Операции выполняются щелчком клавиши мыши в точке экранной ситуации, предварительно выбранной пользователем с помощью указателя мыши, или нажатием клавиши на клавиатуре, когда указатель мыши установлен в редактируемом поле значения компонента параметра. Такие выборы реализуют предметные (материализованные) действия пользователя во взаимодействии с графическим оконным интерфейсов, который реализован в подавляющем большинстве применяемых CAE-систем.

```
Прогноз поведения
расчётной схемы технического задания
└─ Этап моделирования
   └─ Индивидуализация кортежа параметра
      └─ Элементарный алгоритм
         └─ Задача
            ├─ Цель
            └─ Условия
               └─ Доступ к экранной ситуации
                  ├─ Поиск кортежа
                  │  ├─ Выбор наименования
                  │  ├─ Выбор значения
                  │  └─ Выбор единиц измерения
                  └─ Контроль результатов
```

Рис. 1. Ветвь дерева целевого алгоритма
для отдельного значения компонента параметра модели

Вместе с тем, операции выбора могут также входить в состав идеальных (умственных) действий поиска, которые совершает пользователь при выборе последовательности контекстов и их объектов, приводящей его к объекту материализованного действия (операции ориентировки).

Умственной операцией является и операция контроля результата выбора значения компонента параметра, так как сравнение фактического значения в окне формы с его предварительным описанием пользователь выполняет «про себя». Заметим, что операция контроля требует предварительной информации о результате в форме цели. Поэтому формулировка цели должна присутствовать в информационно-справочной системе сопровождения симуляционной технологии (ИСС ССТ).

С учётом необходимости использования структур вложенных оконформ для получения доступа к компоненту параметра модели, который индивидуализируется задаваемым значением, ИСС ССТ должна также содержать описание операций ориентирования, материализованных операций и операций контроля фактического результата каждого действия в составе элементарного алгоритма (далее Э-алгоритма).

Представим компоненты синтаксиса языка, ранее описанные в [4–6] и использованные для оснащения учебного процесса [7], с учётом их применения для целей построения ИСС ССТ. Имеет смысл связать систему меток языка со структурой операций, которые обеспечивают достижения цели Э-алгоритма. Интерпретацию такой связности представим в таблице 1.

Таблица 1

Связи меток языка с объектами экранных ситуаций
и структурой действий

Компоненты	**Метки объектов**					
Условия	Pw:	Fw:	Lst:	Ddl:	Kp:	Fp:
Выбор	Bt:					
Контроль	Iv:	Fp:	Ddl:	Fw:	Pw:	

ИСС ССТ должна реализовываться компонентами формального языка описания, которые фиксируют вариант контекста, ориентировочную, исполнительную и контрольную части действия. После освоения языка формализации на уровне, применяемом в симуляционной технологии, представляется несложным его использование для чтения листингов, объединяющих операции конкретной части действия в единый оператор, как это выполнено в [7].

Следует также отметить, что решение поставленной задачи не требует всего множества компонентов формального языка, представленного в [4–7]. Это связано со структурой представления операций в составе действия, которое обеспечивает взаимодействие в контексте текущей экранной ситуации. Поскольку речь идёт о процессе обучения, требуется пояснить каждую из операций – отсюда следует и целевая дифференциация строк листинга. Отсутствие в составе строк символов передачи управления от метки к метке объясняется тем, что операции в составе действия имеют строго определённую последовательность, которую в составе листинга для отдельной экранной ситуации можно реализовать последовательностью его строк, следующих друг за другом в направлении сверху-вниз. Так как строки имеют последовательную нумерацию, то однозначность управления вниманием пользователя вполне обеспечена.

Результаты и проблематика

В качестве примера конкретной среды САЕ-системы, выбрано программное обеспечение расчётно-проектировочного комплекса (РПК) SAP2000 (США), использованного ранее в работах авторов [1–7].

Выше изложены аргументы в пользу представления контекстной помощи пользователю в рамках одной экранной ситуации в виде трёх составляющих, обеспечивающих:

– формулировку цели действия в условиях текущей экранной ситуации (1);

– описание состава структуры объектов этого контекста, включая ориентиры для последовательной фокусировки внимания на тех из них, которые обеспечивают последовательное смещение фокуса к полю со значением целевого компонента параметра, а также индивидуализацию этого значения (2);

– пояснение соответствия между текстовым описанием структуры контекста, используемой для достижения цели, и формализацией её описания на специальном языке (3).

Наличие такой справки на уровне компонентов (1–2) решает проблему освоения типовых умственных и материализованных действий в среде САЕ-системы, что является целью применения технологии симуляционного обучения в подготовке к профессиональной деятельности. Такой состав ИСС ССТ был использован в симуляторах, предназначенных только для изучения среды САЕ-системы. Представления составляющей справочной системы в формате листинга (3) становится инструментом изучения и использования предложенного формального языка [4] для целей последующего анализа и применения вне технологии симуляционного обучения. Т. е. для решения второй проблемы, сформулированной в данном исследовании.

Проиллюстрируем наполнение компонентов структур ИСС ССТ на примере Э-алгоритма, который реализует задание значений трёх компонентов параметров материала:

– модификации наименования страны-производителя материала (стали);

– задания марки стали С245 при ограничениях на диапазон допустимых толщин стенок сечения несущего элемента от 2 до 20 мм (в качестве нового материала);

– модификации удельного веса стали (в частности, его обнуление), чтобы исключить автоматический учёт собственного веса конструкции, который уже учтён в соответствующем виде воздействия (согласно техническому заданию на проектирование).

Экранные ситуации, последовательность которых содержит условия (контексты) Э-алгоритма вместе с метками формального языка для объектов, использованных при описании структуры и результатов выполняемого действия в каждом текущем контексте приведены в [9].

Ориентировочная и контрольная части действия детализируются **умственными** операциями, а исполнительная часть – **предметными** (с помощью мыши и/или клавиатуры). Набор операций реализует решение задач в составе элементарных алгоритмов. В табл. 2 приведён частичный листинг описания действий с разбивкой по экранным ситуациям.

Таблица 2

Коды листинга Э-алгоритма «Задать материал»

	№	Строки листинга		№	Строки листинга
ЭС01	01	Pw:Main_Window	ЭС08	19	Fw:Add_Material_Property
	02	Lst:Main_Menu		20	Bt:OK
	03	Bt:Define		21	Fw:Define_Materials
	04	Ddl:Define_Options	ЭС09	21	Fw:Define_Materials
ЭС02	04	Ddl:Define_Options		22	Lst:Click_to
	05	Bt:Materials		23	Bt:Modify/Show_Material
	06	Fw:Define_Materials		24	Fw:Material_Property_Data
ЭС03	06	Fw:Define_Materials	ЭС10	24	Fw:Material_Property_Data
	07	Lst:Click_to		25	Lst:Weight_and_Mass
	08	Bt:Add_New_Material		26	Kp:{Weight_per_UV; Fp:Iv; Bt:Iv}
	09	Fw:Add_Material_Property		27	Bt:Iv
ЭС04	09	Fw:Add_Material_Property		28	Fp:Iv
	10	Kp:{Region; Fp:Iv; Bt:v_Ddl}	ЭС11	28	Fp:Iv
	11	Bt:v_Ddl		29	Fp:0
	12	Ddl:Names_of_Region		30	Fw:Material_Property_Data

Поясним особенности описания действий в таблице 2:

– некоторые объекты экранной ситуации имеют идентификаторы, которые введены авторами листинга по причине отсутствия таковых у разработчиков CAE-системы; например, выпадающий список опций элемента главного меню Define никак не поименован; причина этого в том, что структура типа вложенных опций является стандартным приёмом в парадигме WIMP; с другой стороны, отсутствие неопределённости в наименовании кнопки опции Define («Задать») подразумевает наличие детализации в форме выпадающего списка опций; то же относится и наименованию опций в выпавшем списке, так как для них также могут требоваться уточнения – новые выпадающие списки без идентификаторов;

– повторение строк листинга в конце описания текущей экранной ситуации и вначале следующей связано с тем, что в конечной строке представлен ожидаемый результат, а в начальной строке этот результат является контекстом соответствующего действия, что и было целью предыдущего действия;

– повторение строки № 28 связано с тем, что по умолчанию в поле значения Fp: уже находится значение (это значение, назначенное CAE- системой по умолчанию), но его модификация заблокирована; это означает, что поле не может выполнять роль контекста для операции модификации значения и что его нужно деблокировать; именно это и является целью ЭС11; после деблокирования это поле становиться контекстом для ввода нового значения (равного нулю) с клавиатуры;

– нетрудно заметить, что доступ к контексту для выбора наименования страны требует пяти экранных ситуаций; доступ к контексту выбора наименования марки стали – семи экранных ситуаций; доступ к контексту задания значения удельного веса материала (строка № 29) – одиннадцати экранных ситуаций.

Причина «удалённости» контекстов для осуществления выборов материализованными операциями заключается в том, что ориентировочные операции разнесены по вложенной структуре окон форм, и научиться сворачивать их последовательность в навык можно только на основе полной декомпозиции структуры действия. Именно такой подход используется в симуляционной технологии, которая фиксирует каждое материализованное действие пользователя в форме мгновенных снимков с экрана функционирующей среды CAE-системы в ходе моделирования, выполняемого профессионалом.

Если говорить о возможностях описания того же Э-алгоритма без фиксации экранных ситуаций, то тот же результат можно описать следующим листингом (рис. 2).

```
01 Pw:Main_Window -> Mn:Define -> Bt:Materials
02 Fw:Define_Materials -> Bt:Add_New_Material
03 Fw:Add_Material_Property
04 -> Kp:{Regions; Fp:Iv; Bt:v_Region} -> Bt:v_Region -> Iv:Russia
05-> Kp:{Grade; Fp:Iv; Bt:v_Grade} -> Bt:v_Grade -> Iv:C245_2…20mm -> Bt:OK
06 Fw:Define_Materials -> Bt:Modify/Show Material
07 Fw:Material_Property_Data
08 -> Kp:{Weigt_per_Volume; Fp:Iv; Units} -> Bt:Iv -> Iv:0 -> Bt:OK -> Bt:OK
09 Pw:Main_Window
```

Рис. 2. Э-алгоритма без фиксации экранных ситуаций

Требующиеся техническим заданием значения компонентов параметров (кортежей) модели выбираются в строках 04, 05, 08.

Главное отличие этого листинга от листинга в табл. 2 заключается в том, что он ориентируется не на экранные ситуации программы-симулятора, а на смену окон CAE-системы (постоянного Pw: – на временные Fw:, с последующим возвратом в окно Pw:). Последняя смена временного окна на постоянное является критерием завершения Э-алгоритма. Ещё раз подчеркнём, что листинг, ориентированный на работу с окнами, требует предварительного изучения нотации и синтаксиса формального языка в объёме его подмножества, представленного в рамках ИСС ССТ. И лишь после этого можно переходить к изучению листингов, представляющих опыт прогнозного моделирования профессиональных проектировщиков.

При профессиональном уровне компетенций в прогнозном моделировании нет необходимости в обучении взаимодействию с CAE-системой. Поэтому достаточно овладеть формальным языком описания действий в составе прогнозного моделирования, руководствуясь описанием и примерами его применения в [6–7].

В качестве варианта шаблона информационно-справочного сопровождения отдельной экранной ситуации приведём её составляющие (**1**– **3**). Соответствующие блоки информации появляются по запросам пользователя, организованных в систему опций меню: «Цель», «Операции», «Листинг». Эти блоки могут быть вызваны независимо друг от друга, например, в произвольном порядке, или подряд. В последнем случае они получают форму таблицы 3.

Таблица 3

Содержание контекстной справки к экранной ситуации 01

	Цель (1)	Компоненты действия (2)	Листинг (3)
ЭС01	Вызов в главное окно программы временного списка опций элемента Define	**Условия** доступа – главное окно программы без временных объектов	01 Pw:Main_Window
		Поиск списка опций главного меню программы	02 Lst:Main_Menu
		Выбор опции-кнопки Define главного меню	03 Bt:Define
		Контроль появления в главном окне выпадающего списка опций элемента Define главного меню	04 Ddl:Define_Options
ЭС02	Вызов в главное окно программы окна Define Materials с инструментами управления текущим перечнем доступных материалов	**Условия** доступа – наличие в главном окне списка опций элемента Define главного меню программы	04 Ddl:Define_Options
		Выбор в списке опций элемента Define опции-кнопки Materials	05 Bt:Materials
		Контроль появления в главном окне временного окна Define Materials	06 Fw:Define_Materials

Заключение

1. При разработке справочно-информационной системы сопровождения симуляционной технологии следует учитывать, что обучающая среда, воспроизводя визуально-структурное наполнение экранов оригинальной CAE-среды, фиксирует все изменения текущей экранной ситуации, которые возникают в результате отдельной материализованной операции, выполняемой пользователем с применением инструментов управления парадигмы WIMP.

2. Смысловое содержание операций пункта 1 определяется целью конкретного действия, которое принадлежит целевого алгоритму отдельной ветви дерева целей прогнозного моделирования. Указанный алгоритм обеспечивает достижение базового результата взаимодействия пользователя и CAE-системы – индивидуализацию значения компонента одного из параметров, составляющих основу для вычисления массива значений характеристик НДС создаваемой модели в состоянии её реагирования на приложенные воздействия.

3. Для получения навыка в действиях типа указанных в пункте 2 пользователь должен научиться выполнять операции, связанные с обеспечением эффективности целенаправленного материализованного действия в

соответствии с психологической поддержкой процесса достижения целей. Эти операции включают ориентирование в контексте экранной ситуации и контроль соответствия полученного результата поставленной цели.

4. Информационная поддержка положений пунктов 2, 3 требует наличия:

– во-первых, формулировки цели действия в контексте экранной ситуации;

– во-вторых, пояснений к операциям ориентировки и исполнения;

– в-третьих, описания контрольного результата действия в целом.

5. Опыт разработки ИСС ССТ показал, что целесообразно выделение структурного элемента целевого алгоритма, который ограничен действиями между двумя экранными ситуациями, не содержащими временных объектов. Соответствующие действия реализуют элементарный алгоритм. Наличие множества таких алгоритмов открывает возможность создания с их помощью описания деятельности прогнозного моделирования для типовых задач. Кроме того, позволяет тиражировать опыт учёта факторов нелинейности в прогнозе поведения несущей конструкции строительного объекта.

6. Создание библиотеки элементарных алгоритмов должно основываться на формализации описания действий пользователя с помощью специализированного языка, освоение которого может быть одной из задач симуляционной технологии обучения при подготовке и повышении уровня компетентности в области применения САЕ-систем.

Список литературы

1. Злобин, С. Ф. Симуляционное обучение автоматизированному строительному проектированию в дополнительном профессиональном образовании / С. Ф. Злобин, В. Г. Теличко // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2020: сб. тр. III междунар. науч.-техн. фо- рума. В 10 т. Т. 9. – Рязань : Рязан. гос.радиотехн. ун-т, 2020. – С. 16–22.

2. Злобин, С. Ф. Опыт разработки симуляторов деятельности в среде САПР для обучения строительному проектированию / С. Ф. Злобин, В. Г. Теличко // Современные технологии в науке и образовании СТНО-2021: сб. тр. IV междунар. науч.-техн. форума. В 10 т. Т. 9. – Рязань : Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2021. – С. 18–22.

3. Злобин, С. Ф. Система информационной поддержки деятельно- сти в среде симуляции строительного проектирования / С. Ф. Злобин, В. Г. Теличко // Современные технологии в науке и образовании СТНО- 2022: сб. тр. V междунар. науч.-техн. форума. Ы 10 т. Т. 9. – Рязань : Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2022. – С. 10–16.

4. Злобин, С. Ф. Методическое сопровождение обучения деятельно- сти строительного проектирования / С. Ф. Злобин, В. Г. Теличко // Современные технологии в науке и образовании СТНО-2023: сб. тр. VI междунар. науч.-техн. форума. В 10 т. Т. 9. – Рязань : Рязан. гос. радио- техн. ун-т, 2023. – С. 10–17.

5. Теличко, В. Г. Концепция методического сопровождения изуче- ния опыта расчётного моделирования в средах CAE-систем / В. Г. Теличко // Актуальные вопросы архитектуры и строительства: материалы XXII Междунар. науч.-техн. конф. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2024. – С. 418–424.

6. Теличко, В. Г. Строительная механика: вариантное моделирова- ние расчётных схем в среде РПК SAP2000: учебное пособие / В. Г. Теличко, С. Ф. Злобин. – Тула : ТулГУ, 2023. – 380 с.

7. Теличко, В. Г. Строительная механика: нелинейное моделирова- ние стержней, балок и рам в среде РПК SAP2000: учебное пособие / В. Г. Теличко, С. Ф. Злобин. – Тула : ТулГУ, 2023. – 172 с.

8. Купер, А. Интерфейс. Основы проектирования взаимодействия / А. Купер, Р. Рейман, Д. Кронин и др. – Санкт-Петербург : Питер, 2021. – 720 с.

Сведения об авторах:

Чигинская Ирина Андреевна – аспирант кафедры «Строительство, строительные материалы и конструкции» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия.

Теличко Виктор Григорьевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Строительство, строительные материалы и конструкции» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия. E-mail: katranv@yandex.ru

Chiginskaya I. A. – PhD Student, Department of Construction, Building Materials and Structures, Tula State University, Tula, Russia.

Telichko V. G. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor Department of Construction, Building Materials and Structures, Tula State University, Tula, Russia. E-mail: katranv@yandex.ru

Для цитирования:

Чигинская, И. А. Развитие информационно-справочной системы симуляционной технологии обучения деятельности прогнозного моделирования поведения несущих конструкций в строительстве / И. А. Чигинская, В. Г. Теличко // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 302–312.

Citation:

Chiginskaya I. A. Development of an information and reference system for simulation-based training In predictive modeling of load-bearing structure behavior in construction / I. A. Chiginskaya, V. G. Telichko // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 302–312.

НАДЕЖНОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, МОНИТОРИНГ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 691.32, 620.179.12

РЕМОНТ ШТЕПСЕЛЬНЫХ СТЫКОВ КОЛОНН КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ

С.И. Иванов
АО «НИЦ «Строительство»,
г. Москва, Россия

Аннотация: *представлен опыт разработки рекомендаций по устранению дефектов бетонирования штепсельных стыков колонн связевого каркаса, согласованных государственной экспертизой и реализованных на строящемся здании. Приведены приблизительные сроки и стоимость работ, позволяющие ориентировочно оценить затраты на устранение дефектов изготовления.*

Ключевые слова: *дефекты, повреждения, штепсельный стык.*

REPAIR OF PLUG JOINTS OF COLUMNS OF A FRAME BUILDING

Abstract: *The article presents the experience of developing recommendations for the elimination of defects in concreting plug joints of columns of a connecting frame, approved by state expertise and implemented on a building under construction. The approximate terms and cost of the work are given, which make it possible to estimate approximately the costs of eliminating manufacturing defects.*

Keywords: *defects, damages, plug joint.*

Введение

Строящееся 5-и этажное административное здание размером 66х48 м, состоящее из блока А и блока Б выполнялось из сборных железобетонных элементов заводского изготовления. Колонны связевого каркаса сечением 0,4х0,4 м, высотой в 2,5 этаж, стыковались с помощью штепсельных стыков в уровне середины 3-го этажа колонны (рис. 1): в нижней колонне выполнялись каналы диаметром 50 мм, в верхней колонне выполнялись выпуски из арматуры диаметром 25…36 мм, каналы заполнялись смесью БИРСС 59 М800 и устанавливались верхние колонны с выдавливанием излишков раствора.

Материал и методы исследований

По данным технического надзора заказчика строительства, возведение каркаса выполнялось в зимнее время. Было зафиксировано заполнение каналов штепсельных стыков льдом, препятствующее установке арматуры, в результате при монтаже арматурные выпуски срезались и фактическая конструкция штепсельного стыка не соответствовала проектной.

Строительной лабораторией было выполнено обследование и контрольные вскрытия штепсельных стыков. Были выявлены дефекты в виде: разрывов каналов штепсельного стыка (генерация давления на защитный слой бетона из-за замерзания воды в каналах с последующим выколом бетона защитного слоя), отсутствие выпусков арматуры с вышерасположенного яруса колонн. В блоке А дефекты были выявлены в 24 из 42 (57%) обследованных стыков, в блоке Б – в 11 из 14 (78%) обследованных стыков.

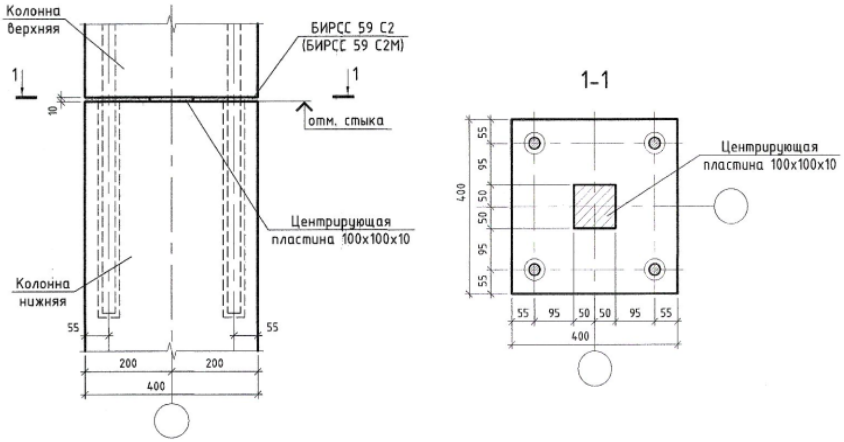


Рис. 1. Штепсельный стык колонн

Результаты расчета усилий в колоннах каркаса при действии эксплуатационных нагрузок свидетельствовали о наличии растяжения в крайних арматурных стержнях, пересекающих штепсельный стык, эксцентриситеты продольных сил превышали значения случайных эксцентриситетов.

Наличие выявленного при обследованиях разрушения защитного слоя бетона вокруг каналов вследствие расширения замерзшей в них воды свидетельствовало о наличии отрицательных температур бетона вокруг канала и об отсутствии условий, необходимых для набора прочности раствора заполнения каналов. Фактическая прочность раствора заполнения канала могла оказаться пониженной, менее проектной прочности и менее прочности, необходимой для анкеровки арматуры в канале.

При вскрытии канала размеры растворной прослойки заполнения канала составляли 5-10 мм, что недостаточно для применения неразрушающих методов контроля прочности раствора по ГОСТ 22690 [1], отбора образцов и испытания по ГОСТ 28570 [2].

Следовательно, достоверно определить прочность раствора не представлялось возможным.

В связи с этим, был выполнен расчет остаточной несущей способности колонн с учетом нулевой прочности раствора заполнения, с учетом требований п. 12.4.4 [3] и п. 7.1.6. [4].

Было установлено, что несущая способность колонн с нулевой прочностью раствора заполнения каналов штепсельных стыков в сечениях с наличием арматурных выпусков и включении их в работу – обеспечена. Включение арматурных выпусков в работу выполнялось соединением выпуска к основной арматуре колонны с помощью сварного соединения типа С19-Рм или С21-Рн по ГОСТ 14098 [5] с помощью стальных накладок с учетом рекомендаций раздела 4 настоящего заключения (см. рис. 2).

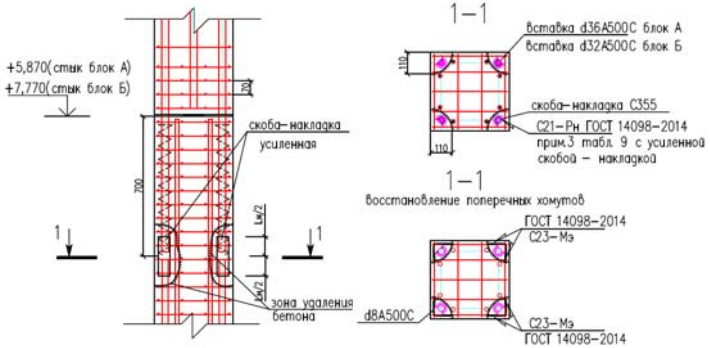


Рис. 2. Восстановление равнопрочности штепсельного стыка на участках без видимых дефектов изготовления

Учитывая, что согласно проекта между концом выпуска из верхней колонны и арматурой нижней колонны зазор составлял 40 мм, применение стыков С19-Рм не допускалось ГОСТ 14098 [5], было рекомендовано использовать стык С21-Рн с учетом примечания 3 к табл. 9 ГОСТ 14098 [5], допускающего вместо арматурных стержней использовать усиленный стальные скобы-накладки.

Размеры накладок и параметры сварных швов следовало принять согласно требований ГОСТ 14098 [5] в зависимости от диаметра соединяемой арматуры.

Несущая способность колонн в местах повреждения каналов штепсельных стыков не была обеспечена. Требовалось выполнить усиление колонн.

Усиление колонн было запроектировано в виде восстановления проектного решения путем приварки отсутствующего арматурного выпуска, заполнения канала ремонтным составом с прочностью не менее проектной прочности раствора заполнения канала, восстановления поперечной арматуры и защитного слоя бетона в местах повреждений. Техническое решение представлено на рисунке 3.

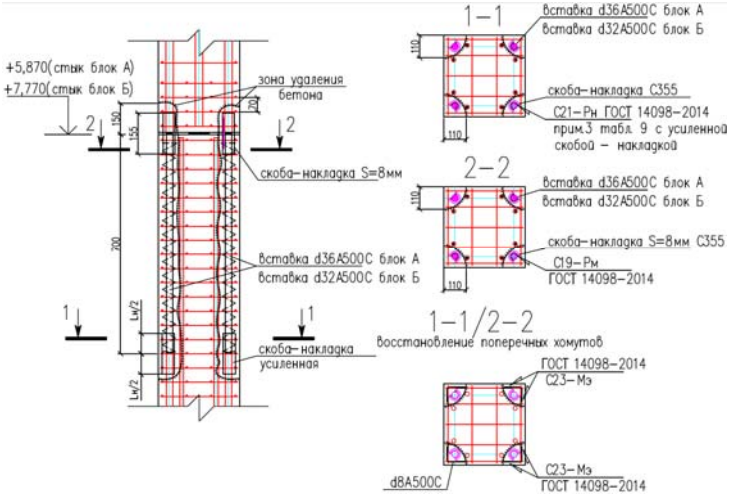


Рис. 3. Восстановление равнопрочности штепсельного стыка путем восстановления проектного решения

В наиболее поврежденных сечениях, при отсутствии заполнения канала, отсутствии выпусков арматуры в каналах и повреждении защитного слоя бетона, снижалась площадь бетонного сечения, в сечении на отметке стыка отсутствовала арматура. В результате снижалась несущая способность сечения [9–18]. Поэтому был выполнен расчет несущей способности поврежденных сечений при действии нагрузок на стадии возведения каркаса здания, в период производства работ по ремонту штепсельных стыков. Было установлено, что несущая способность колонн – не обеспечена. В связи с этим, на период производства работ была спроектирована конструкция временной опоры, не препятствующая производству работ (см. рис. 4).

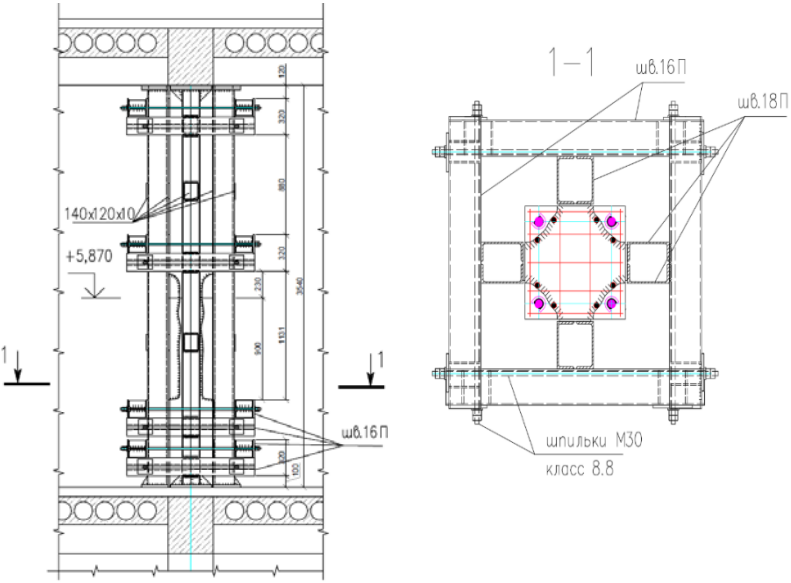


Рис. 4. Техническое решение по конструкции временной опоры в период производства работ по усилению штепсельных стыков колонн

Учитывая сложность и специфику необходимых сварочных работ, было рекомендовано разработать технологическую карту с учетом применяемого сварочного оборудования. Разработку технологической карты рекомендовалось выполнять силами специализированной организации, с учетом рекомендаций [6].

По результатам выполненных расчетов и проведенного анализа была рекомендована следующая последовательность работ по восстановлению несущей способности штепсельных стыков колонн.

1. Перед началом работ выполнить визуальное освидетельствование колонны и уточнить наличие повреждений защитного слоя бетона вокруг канала штепсельного стыка. Установить временную опору (по рис. 4) вокруг восстанавливаемой колонны на период производства работ.

2. Выполнить вскрытие участка длиной не менее 300 мм на уровне низа канала. При наличии арматурного выпуска в канале выполнить его приварку к арматуре нижней колонны сварными швами типа С21-Рн по ГОСТ 14098 [5] с помощью усиленных скоб-накладок, размеры которых назначать в зависимости от диаметра соединяемой арматуры. Стальные скобы-накладки принимать из стали С355, сварочные работы вести с применением электродов Э55.

3. При отсутствии арматурного выпуска в канале выполнить вскрытие канала на всю высоту, подготовить арматурный стержень с необходимым для выполнения сварных швов размером «по-месту», с учетом фактической длины арматуры нижней колонны, установить арматурный стержень

и выполнить сварные швы по схеме на рис. 3.

4. При вскрытии каналов (п. 2 и 3) размеры удаляемого бетона рекомендуется назначать не более 100-110 мм от грани колонны, при этом запрещается удалять поперечную арматуру. Ее следует разрезать в сечении около грани, очистить от бетона и отогнуть наружу.

5. После выполнения сварки стержня (п. 3) выполнить зачеканку пространства между восстановленным выпуском и стенкой канала ремонтной смесью, имеющей качественное сцепление со старым бетоном и прочность не менее проектной прочности раствора заполнения канала.

6. Отогнуть концы поперечных хомутов в проектное положение (п. 4) и соединить концы «Г»- образными стержнями того же класса и диаметра, что и соединяемые стержни с помощью сварных швов типа С23-Рэ по ГОСТ 14098 [5].

7. Очистить и обеспылить поверхность бетона, восстановить защитный слой бетона ремонтной смесью, имеющей качественное сцепление со старым бетоном и прочность не менее 40МПа. Рекомендуется восстановление защитного слоя бетона выполнять с помощью заливки самоуплотняющегося мелкозернистого ремонтного состава, заливаемого в опалубку, установленную вокруг ремонтируемого канала. Толщину защитного слоя принять увеличенной не менее, чем на величину усиленной скобы-накладки.

Результаты и проблематика

С учетом приведенных выше рекомендаций было разработано Техническое заключение, принятое государственной экспертизой. По рекомендациям был выполнен ремонт штепсельных стыков около 150 колонн. Срок выполнения работ составил 2 месяца, стоимость работ составила 10 млн руб.

Заключение

По результатам поверочных расчетов штепсельных стыков с учетом дефектов изготовления, при действии усилий на стадии строительства и на стадии эксплуатации здания следует, что.

1. Допущенные при строительстве дефекты изготовления снижают несущую способность штепсельных стыков, в связи с этим, рекомендуется выполнить усиление 100% штепсельных стыков.

2. Расчет усиления колонн следует выполнять с учетом требований пп. 12.4.2 и 12.4.4 [3], пп. 7.1.3 и 7.1.6 [4].

3. Усиление колонн в сечениях с штепсельными стыками рекомендуется выполнять путем восстановления проектного выпуска и приварки его к арматуре колонн с помощью сварных соединений типа С19-Рм и С21-Рн [5]. При наличии арматурных выпусков в каналах усиление следует выполнять по схеме на рис. 2. При отсутствии арматурных выпусков в каналах усиление следует выполнять по схеме на рис. 3.

4. Усиление колонн в сечениях с штепсельными стыками может быть выполнено так же созданием заменяющей конструкции в виде замкнутой обоймы прямоугольного или круглого сечения вокруг ослабленного

штепсельного стыка [7; 8]. Ввиду изменения объемно-планировочных решений здания, возможность осуществления такого решения должна быть проанализирована проектной организацией – автором проекта здания.

Список литературы

1. ГОСТ 22690-2015 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля».

2. ГОСТ 28570-2019 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций».

3. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

4. СП 349.1325800.2017 «Конструкции бетонные и железобетонные. Правила ремонта и усиления».

5. ГОСТ 14098-2014 «Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций».

6. РТМ 393 «Руководящие технологические материалы по сварке и контролю качества соединений арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций». – Москва : НИИЖБ, 1994.

7. «Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий». – Москва, 1992.

8. Онуфриев, Н. М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений / Н. М. Онуфриев. – Москва, 1965.

9. Плотников, А. Н. Расчет многоэтажных зданий с железобетонным каркасом, учитывающий распределение усилий в эксплуатационной стадии / А. Н. Плотников, А. Г. Николаева // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы III Международной (IX Всероссийской) конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2016 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2016. – С. 109–118. – EDN XGMDVJ.

10. Николаева, А. Г. Эффективность учета стадийности возведения при расчетах каркасов монолитных зданий / А. Г. Николаева, А. Н. Плотников // Управление ассортиментом, качеством и конкурентоспособностью в глобальной экономике: Сборник статей VII Международной заочной научно-практической конференции, Чебоксары, 30 мая 2016 года / отв. за выпуск А.Н. Автономов. – Чебоксары : Чебоксарский кооперативный институт (филиал) автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», 2016. – С. 164–167. – EDN WZOGAH.

11. Плотников, А. Н. Распределение усилий в современных каркасных системах в расчетах на стадии эксплуатации и возведения / А. Н. Плотников, А. Г. Николаева // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции (Чебоксары, 20–21 ноября 2014 г.) / ред. кол.: Н. С. Соколов (отв. редактор), Д. Л. Кузьмин (отв. секретарь), А. Н. Плотников, Л. А. Сакмарова, А. Г. Лукин, В. Ф. Богданов, В. И. Тарасов. – Чебоксары : Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 186–193. – EDN UMHKDR.

12. Плотников, А. Н. Проектирование железобетонного многоэтажного рамного каркаса : по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 08.00.00 Техника и технологии строительства в качестве учебного пособия для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) и специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений / А. Н. Плотников, Н. Н. Аринина, О. С. Яковлева. – Чебоксары : Среда, 2021. – 132 с. – ISBN 978-5-907411-57-9. – DOI 10.31483/a-10307. – EDN BSUUBE.

13. Плотников, А. Н. Призма узла пересекающихся железобетонных элементов как связь влияния на Усилия в системе / А. Н. Плотников, Н. Н. Аринина, М. Ю. Иванов // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: Материалы VI Международной (XII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 23–24 ноября 2022 г.). – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 104–113. – EDN FMZPDX.

14. Комиссарова, Е. Д. Расчет и проектирование сталежелезобетонных колонн / Е. Д. Комиссарова // Наука. Наследие. Университет: Сборник материалов Международной 56-й научной студенческой конференции. Посвящается Году культурного наследия народов Российской Федерации, Году выдающихся земляков в Чувашской Республике (Чебоксары, 08–15 апреля 2022 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2022. – С. 254-258. – EDN PICOZK.

15. Плотников, А. Н. Перераспределение усилий в нормальном сечении при усилении железобетонного элемента / А. Н. Плотников, Н. Н. Аринина // Архитектура. Строительство. Образование: материалы региональной конференции (Чебоксары, 30 июня 2015 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2015. – С. 86–95. – EDN UOTKIE.

16. Плотников, А. Н. Распределение усилий в колоннах каркаса при расчете на стадии эксплуатации и возведения / А. Н. Плотников, А. Г. Николаева // Архитектура. Строительство. Образование: материалы региональной конференции (Чебоксары, 30 июня 2015 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2015. – С. 73–81. – EDN XNDPCP.

17. Плотников, А. Н. Применение ультразвуковой томографии конструкций из железобетона / А. Н. Плотников, А. В. Ежов, А. И. Сабанов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции (Чебоксары, 14–15 ноября 2012 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2012. – С. 227–233. – EDN XMVUXB.

18. Плотников, А. Н. Рациональное армирование узких высоких элементов при их работе на кручение с изгибом / А. Н. Плотников // Технические науки: сегодня и завтра: Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции (Чебоксары, 06 января 1998 г.). – Чебоксары : Клио, 1997. – С. 243–244. – EDN ZRMGOZ.

Сведения об авторах

Сергей Ильич Иванов – канд. техн. наук, заведующий лабораторией напрягающих бетонов и самонапряженных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Россия. E-mail: 5378018@mail.ru

Sergey Ilyich Ivanov – Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of straining concretes and Self-stressed structures of the A.A. Gvozdev NIIZHB JSC "SIC "Stroitelstvo", Moscow, Russia. E-mail: 5378018@mail.ru

Для цитирования:

Иванов, С. И.. Ремонт штепсельных стыков колонн каркасного здания // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары : Среда, 2024. – С. 313–320.

Citation:

Ivanov, S. I. Repair of plug joints of columns of a frame building // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 313–320.

УДК 69.07

РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КЕССОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

В.А. Куклин,
В.М. Поздеев,
Е.О. Трошков
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола, Россия

Аннотация: *в статье рассмотрены результаты обследования и поверочных расчетов монолитного железобетонного кессонного перекрытия. Использованы варианты расчетных моделей перекрестно-балочной системы перекрытия. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния.*

Ключевые слова: *железобетонное кессонное перекрытие, моделирование расчетной схемы, напряженно-деформированное состояние.*

CALCULATION MODELS OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE COFFERED CEILING OF A PUBLIC BUILDING

Abstract: *the article considers the results of the survey and verification calculations of a monolithic reinforced concrete coffered floor. Variants of calculation models of the cross-beam floor system are used. An analysis of the stress-strain state is performed.*

Keywords: *reinforced concrete caisson floor, simulation of the design scheme, stress-strain state.*

Введение

Здание кинотеатра «Родина», построенное в г. Волжске Республики Марий Эл в 1952 году, включено в реестр памятников культурного наследия (памятник архитектуры) регионального значения. Проект был разработан Республиканской проектной конторой при Совете министров Марийской АССР (в настоящее время АО «Марийскгражданпроект – БТПИ»). В 2013 году в здании произошел пожар. В результате были полностью уничтожены конструкции покрытия здания, получили повреждения стены, перекрытия. Общий вид главного фасада здания по состоянию на 2018 г. показан на рис. 1.

С 2023 года в здании кинотеатра проводится реконструкция, в рамках которой его готовят под детскую школу искусств. Планируется сохранить исторический облик объекта.

Рис. 1. Главный фасад кинотеатра «Родина»
в г. Волжске РМЭ (по состоянию на 2018 г.)

В двухэтажной части здания междуэтажное перекрытие выполнено монолитным железобетонным в виде плиты опертой по контуру, подкрепленной системой перекрестных балок (кессонное перекрытие).

Размеры участка перекрытия в плане составляют 13280×6630 мм. В продольном и поперечном направлениях с сеткой 2,0 ×2,0 м (между центральными осями) расположены монолитные железобетонные балки шириной 200 ÷ 260 мм, высотой 300 мм. Монолитная плита выполнена толщиной 100 мм. Общий вид перекрытия по состоянию на октябрь 2024 г. показан на рис. 2.

При предварительном обследовании конструкции перекрытия были отнесены к ограниченно-работоспособному состоянию. Проектное решение реконструкции объекта предусматривает демонтаж имеющегося кессонного перекрытия и устройство новой монолитной конструкции аналогичного типа. Однако, в ходе проведения работ по демонтажу смежных конструкций на прилегающих к перекрытию участках было установлено, что произвести разборку кессонной плиты невозможно без нарушения кладки кирпичных стен, в том числе стен главного исторического фасада, что повлекло бы за собой утрату аутентичного архитектурного облика и потребовало значительных затрат по его восстановлению. Также в ходе работ установлено превышение класса (марки) прочности бетона перекрытий относительно значений, заложенных в историческом проекте.

Рис. 2. Междуэтажное кессонное перекрытие кинотеатра «Родина» в г.Волжске РМЭ (по состоянию на 2024 г.)

Материал и методы исследований

С целью выявления резервов прочности монолитных кессонных перекрытий и определения возможности сохранения оригинальных конструкций выполнено дополнительное техническое обследование и выполнено компьютерное моделирование.

В ходе обследования было выявлено, что не только классы бетона, но и существующее армирование также превышает исходные проектные решения. Так, исследование прочности бетона полки кессонного перекрытия неразрушающими методами в нескольких сериях показали значения класса бетона по прочности на сжатие от В30 до В60, исследование материала перекрестных балок – от В20 до В45 при проектной марке бетона М190 (В15). Армирование полки плиты, помимо сеток и обрамления ребер из арматурных стержней Ø6, содержит дополнительные стержни Ø14, уложенные вдоль короткой стороны (рабочего направления) кессонной плиты с шагом 250…300 мм. Пролетное армирование балок вдоль короткой стороны составило 4 стержня Ø16, что соответствует исходному проектному решению. Пролетное армирование балок вдоль длинной стороны составило 2 стержня Ø14, что превышает проектное армирование в 2 стержня Ø12.

Проверка несущей способности инженерным методом [1; 2] показала недостаточность сечений и армирования железобетонных элементов перекрытия для восприятия проектной нагрузки, собранной с учетом требований современных норм, в том числе: собственный вес конструкций плиты и балок перекрытия, вес пола и полезная временная нагрузка для коридоров, примыкающих к учебным классам. Несущая способность перекрытия составила 650 кг/м^2 (расчетное значение с учетом собственного веса) при полной проектной нагрузке 930 кг/м^2. Однако, в примененном подходе перекрестные балки рассматриваются как изгибаемые элементы с перераспределенной нагрузкой, что не учитывает пространственную работу кессонного перекрытия и перераспределение нагрузки вследствие различной жесткости балок, по-разному армированных

для продольного и поперечного направления перекрытия. Таким образом, для учета всех вышеуказанных факторов было проведено численное моделирование конструкции на основе программных комплексов, реализующих метод конечных элементов (МКЭ).

Для моделирования перекрытия был использован программный комплекс SCAD Office 21.1, в котором был создан ряд КЭ моделей кессонной плиты с учетом теоретических подходов, описанных в [3–5]. Специфика данных подходов заключается в типе конечных элементов, использованном для моделирования перекрестной балочной системы, при неизменном моделировании полки плиты элементами оболочек. Первый подход реализует балки в виде системы взаимно перпендикулярных стержней, геометрически расположенных на уровне центра тяжести железобетонных сечений балок и работающих упруго с жесткостями, соответствующими геометрическим характеристикам поперечных сечений и модулю упругости E_0 для бетона класса В20. Стержневые элементы балок с оболочечными элементами полки связаны через абсолютно жесткие плоские тела таким образом, что верхние грани полки и балок находятся на одной высотной отметке и не происходит двойного учета материала в зоне сопряжений полки с балками. Плоскости жестких тел перпендикулярны осям стержней, что позволяет без искажений передавать перемещения с оболочек полки на стержни балок с учетом разности радиусов кривизн срединной плоскости полки плиты и продольных осей стержней при равных углах поворота. Данная модель позволяет воспользоваться постпроцессорами расчета и экспертизы железобетонных элементов для проверки требований СП 63.13330.2018 [6], однако не учитывает деформации балок по высоте сечения и понижения жесткости после образования трещин.

Во втором подходе модель кессонной плиты представляется системой из вертикальных и горизонтальных оболочечных элементов, моделирующих как балки, так и полку плиты, а также стержневых элементов, моделирующих нижнее рабочее армирование поперечных балок плиты. Полка смоделирована группой горизонтальных пластин-оболочек, продольные и поперечные балки смоделированы группами вертикальных пластин-оболочек. Элементы полки соединяются с элементами балок через абсолютно жесткие вставки таким образом, чтобы верхние грани полки и балок находились на одной вертикальной отметке. Двойной учет работы материала в зоне сопряжения полки с балками также исключен. Стержневые элементы, соответствующие рабочему армированию поперечных балок, соединяются с элементами балок также через абсолютно жесткие вставки с привязкой к узлам с вертикальной отметкой, соответствующей натурно определенному положению армирования в конструкции. Рабочая арматура продольных балок не моделировалась ввиду малой их вовлеченности в работу плиты на изгиб, что приводит к увеличению общего запаса прочности конструкции. Для оценки работы продольной арматуры и ширины раскрытия трещин 2 центральных поперечных балки смоделированы с учетом образования трещин в середине пролета. Образование трещин учтено путем разъединения узлов для конечных элементов пластин-оболочек в балках из условия расположения сжатой зоны только в полке плиты (высота сжатой зоны 100

мм, трещина распространяется на глубину 300 мм), места образования трещин определены из условия концентрации напряжений в местах примыкания к поперечным балкам, а также из условия максимального расстояния между трещинами по требованиям СП 63.13330.2018 (40 диаметров рабочего армирования, в данном случае – 640 мм при диаметре наибольшего арматурного стержня 16 мм). Данный подход позволяет с большой точностью определить напряжение растянутой арматуры в трещине, оценить главные сжимающие напряжения в бетоне с учетом распределения по высоте сечения (т. н. «арочный эффект» и получить представление о прогибах конструкции при работе в стадии с трещинами.

Результаты и проблематика

По результатам расчета моделей, сформированных в соответствии с первым расчетным подходом, в которых учитывалось закрепление балок плиты от перемещения в горизонтальном направлении вследствие плотного контакта с окружающими конструкциями и частичного защемления в каменной кладке, было установлено, что сжимающие напряжения в бетоне полки не достигают максимально допустимых расчетных значений. Проверка поперечных балок как железобетонных растянуто-изогнутых стержней по требованиям СП 63.13330.2018 при помощи постпроцессора «Железобетон» не выявило превышения несущей способности конструкций на действие продольных, поперечных сил и изгибающих моментов.

Модели, реализующие второй расчетный подход без учета дополнительных связей на опорах конструкции, показали, что главные сжимающие напряжения в бетоне также не превышают допустимых значений, а значения растягивающих напряжения в арматуре в зоне трещины достигают заложенного проектом сопротивления арматуры, но также не превышают их. Ширина раскрытия трещин и прогибы также находятся в допустимых нормами пределах для данного вида и геометрии конструкции.

Заключение

Таким образом более детальная реализация расчетных моделей кессонных плит перекрытия с учетом вышеописанных подходов позволила выявить налично имеющиеся резервы несущей способности конструкции и рекомендовать ряд ремонтных и восстановительных мероприятий, не затрагивающих исторический вид зданий и существенно сокращающих затраты времени и труда на реставрацию памятника архитектуры, имеющего историческое значение.

Список литературы

1. Вахненко, П. Ф., Хилобок, В. Г., Андрейко, Н. Т., Яровой, М. Л. Расчет и конструирование частей жилых и общественных зданий: справочник проектировщика / под ред. П. Ф. Вахненко. – Киев : Будівельник, 1987. – С. 281–285.

2. Малахова, А. Н. Монолитные кессонные перекрытия зданий / А. Н. Малахова // Вестник МГСУ. – 2013. – №1. – С. 79–86.

3. Плотников, А. Н. Расчетная модель решетчатых и сплошных перекрытий с соотношением жесткости по армированию на основе заменяющей балочной системы / А. Н. Плотников // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона. Кн. 2. – Москва : Ассоциация «Железобетон», НИИЖБ, 2001. – С. 842–853.

4. Айвазов, Р. Л. Моделирование напряженного состояния перекрестных элементов с различным соотношением жесткостей на изгиб методом конечных элементов / Р. Л. Айвазов, А. Н. Плотников // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы 5 Всероссийской конференции НАСКР –Чебоксары: ЧувГУ, 2005. – С. 43–49.

5. Плотников, А. Н. Нелинейный расчет железобетонных перекрестно-балочных перекрытий методом конечных элементов в диапазоне соотношения жесткости / А. Н. Плотников, А. Г. Головин // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы Восьмой Всероссийской конференции НАСКР. – Чебоксары: ЧувГУ, 2014. – С. 177–185.

6. Свод правил: СП63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003: нормативно-технический материал. – Введ. 2019.06.20. – Москва : [б.и.], 2019. – 155 с.

Сведения об авторах:

Поздеев В. М. – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Казань, Россия. E-mail: PozdeevVM@volgatech.net

Куклин В. А. – инженер ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Казань, Россия. E-mail: warhog@inbox.ru

Трошков Е. О. – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Казань, Россия. E-mail: TroshkovEO@volgatech.net

Pozdeev V. M. – candidate of technical sciences, associate professor, Head of the Departmen Volga State University of Technology, Kazan, Russia. E-mail: PozdeevVM@volgatech.net

Kuklin V. A. – engineer Volga State University of Technology, Kazan, Russia. E-mail: warhog@inbox.ru;

Troshkov E. O. – candidate of technical sciences, associate professor Volga State University of Technology, Kazan, Russia. E-mail: TroshkovEO@volgatech.net

Для цитирования:

Куклин, В. А. Расчетные модели монолитного железобетонного кессонного перекрытия общественного здания / В. А. Куклин, В. М. Поздеев, Е. О. Трошков // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. Чебоксары: Среда, 2024. – С. 321–326.

Citation:

Kuklin V. A. Calculation models of monolithic reinforced concrete coffered ceiling of a public building / V. A.Kuklin, V. M. Pozdeev, E. O. Troshkov // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 321–326.

УДК: 621.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН УСКОРЕННОГО ИЗНОСА СТАЛЬНЫХ ТРУБ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

А.Н. Плотников,
Б.В. Михайлов,
О.А. Алексеева,
В.А. Иванов
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия
С.Б. Михайлов
ГАПОУ «Чебоксарский профессиональный колледж им. Н.В. Никольского»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье приведены результаты исследования причин ускоренного износа стальных труб подземной части тепловых сетей на одном из промышленных объектов Чувашской Республики. Для выявления причин ускоренного износа стальных труб подземной части тепловых сетей было проведено визуальное обследование по внешним признакам и ультразвуковое измерения толщины металлических труб на основе измерения времени прохождения ультразвуковых импульсов. В результате обследования определялась фактическая остаточная толщина стальных труб подземной части тепловых сетей на объекте. По данным обследования рассчитывались суммарные скорости коррозии наружной и внутренней поверхностей и определялся предполагаемый срок службы труб. Исходя из расчётов суммарных скоростей коррозии наружной и внутренней поверхностей и предполагаемого срока службы труб определяли техническое состояние труб.*

Ключевые слова: *обследование, труба, тепловые сети, долговечность, остаточная толщина металла, визуальный контроль, измерение толщины, фактическая остаточная толщина, коррозионная стойкость.*

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF ACCELERATED WEAR OF STEEL PIPES IN THE UNDERGROUND PART OF HEATING NETWORKS

Abstract: *the article presents the results of a study of the causes of accelerated wear of steel pipes in the underground part of heating networks at one of the industrial facilities of the Chuvash Republic. To identify the causes of accelerated wear of steel pipes in the underground part of the heating networks, a visual examination of external signs and ultrasonic measurements of the thickness of metal pipes based on measuring the passage time of ultrasonic pulses were carried out. As a result of the survey, the actual residual thickness of the steel pipes of the underground part of the heating networks at the facility was determined. According to the survey data, the total corrosion rates of the outer and inner surfaces were calculated and the estimated service life of the pipes was determined. Based on calculations of the total corrosion rates of the outer and inner surfaces and the expected service life of the pipes, the technical condition of the pipes was determined.*

Keywords: *inspection, pipe, heating networks, durability, residual metal thickness, visual inspection, thickness measurement, actual residual thickness, corrosion resistance.*

Введение

Исследование выполнено в связи с необходимостью выявления причин ускоренного износа стальных труб подземной части тепловых сетей. По данным источника [1] более 90% аварий на теплотрассах обусловлено коррозией трубопроводов. В качестве основной причины повреждаемости тепловых сетей рассматриваются как наружная, так и внутренняя коррозия [2; 3]. Однако часто при осмотре дефектных участков сетей коррозионные повреждения обнаруживаются также на внутренней их поверхности. Когда дно коррозионной лунки достигает наружной поверхности трубопровода или каверны в сварочном шве, возникает протечка. Подобные повреждения было сложно обнаружить, поэтому они вовремя не устранялись. В то же время при проникновении воды происходило увлажнение и разрушение теплоизоляционного и гидроизоляционного слоев, что способствовало более интенсивному развитию коррозии на наружной поверхности трубы [2]. Именно поэтому большинство причин, которые приводили к аварии, классифицировались по признаку наружной коррозии трубопроводов.

С переходом на прокладку предизолированных трубопроводов с тепловой изоляцией из пенополиуретана (ППУ), наружной оболочкой из полиэтилена низкого давления (ПНД) и системой оперативного дистанционного контроля (ОДК) количество коррозионных повреждений на наружной поверхности трубопроводов сократилось [4]. Коррозия может развиваться не только на линейных участках трубопроводов, но также в местах расположения скользящих опор и на сварных стыках трубопроводов.

В работе [5] отмечено, что ускорению процессов износа тепловых сетей способствуют: несоблюдение технологии монтажа, низкое качество материала трубопроводов и высокое содержание кислорода в сетевой воде. В совокупности это приводит к тому, что старение трубопроводов происходит в 2–3 раза быстрее расчетных сроков.

Развитию коррозии на внутренней поверхности трубопроводов сопутствуют [6]:

- повышенная температура теплоносителя;
- низкий pH воды;
- наличие в воде кислорода;
- наличие в воде свободного оксида углерода;
- наличие в воде растворенных солей.

По данным источника [1] при скорости внутренней коррозии, не превышающей 0,085 мм/год, и толщине стенки трубопровода 3,5 мм предполагаемый срок службы трубы должен составить не менее 40 лет (0,085 × 40 = 3,4 мм). Однако практика эксплуатации тепловых сетей в России показывает, что в большинстве случаев трубопроводы системы центрального теплоснабжения служат меньше заявленного срока службы. Характерное время жизни трубы в Санкт-Петербурге составляет 10 лет. В результате несоответствия фактических и расчетных сроков службы трубопроводов и оборудования тепловых сетей затраты на проведение ремонтно-восстановительных работ многократно возрастают. При отсутствии необходимого количества средств на перекладку сетей степень их физического износа увеличивается. А при достижении некоторого критического значения физического износа становится возможным их лавинообразный выход из строя, что крайне негативно скажется на качестве теплоснабжения.

Отсюда можно сделать предположение о том, что требуемые параметры сетевой воды обеспечиваются далеко не всегда. Потери сетевой воды в тепловых сетях приводят к существенному увеличению расхода подпиточной воды, и, соответственно, возрастают риски поступления кислорода в систему теплоснабжения.

Поступление кислорода в систему теплоснабжения является неблагоприятным условием в процессе эксплуатации.

В соответствии с требованиями источника [7] скорость наружной коррозии для стальных труб не должна превышать 0,030 мм/год, скорость внутренней коррозии следует принимать равной 0,085 мм/год. Кроме этого в методическом документе [8] в качестве критерия опасности внутренней коррозии для трубопроводов тепловых сетей вводят понятие агрессивности сетевой воды, которая в зависимости от скорости коррозии индикаторов оценивается в соответствии со шкалой.

Целью исследования является выявление причин ускоренного износа стальных труб подземной части тепловых сетей.

Материал и методы исследований

Для выявления причин ускоренного износа стальных труб подземной части тепловых сетей было проведено визуальное обследование по внешним признакам.

Обследование было проведено согласно нормам ГОСТ 31937 – 2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

По результатам визуального осмотра труб трубопровода на некоторых трубах имеются обширные зоны коррозии. В качестве примера на рис. 1 приведено состояние одной из труб Ø 76Х3,5, где имеются обширные зоны коррозии с расслоениями.

Рис. 1. Состояние трубы трубопровода Ø 76Х3,5

Данные трубы согласно техническому отчету по результатам инженерно-геологическим изысканиям находятся в зоне опасных геологических процессов и явлений, выраженных в близком расположении подземных вод, в подтоплении и заболачивании участка промышленного объекта. А также по данным химического анализа подземные воды от пресных до слабоминерализованных (М = 0,4-1,2 г/дм^3) гидрокарбонатные, магниево-кальциевые, кальциевые, жесткие и очень жесткие, слабощелочные. Подземные воды по степени агрессивного воздействия по содержанию сульфатов и хлоридов на металлические конструкции – среднеагрессивные. Высокий уровень подземных вод и наличие слабых (мягко- и текучепласичных) грунтов в близи поверхности (0,5–1,5 м) создают трудности при эксплуатации сооружений, в частности подземных трубопроводов объекта.

Подтопление труб тепловых сетей постоянно находящаяся вода в колодцах (рис.1) приводит к интенсивной коррозии труб тепловых сетей.

Ультразвуковое измерения толщины металлических труб проводилось согласно источнику [9]. Результаты ультразвукового измерения толщины металлических труб подземной части тепловых сетей объекта диаметрами Ø 57Х3,5, Ø 76Х3,5, Ø 108Х4 приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты измерительного контроля

Металлические трубы подземной части тепловой сети	Фактическая остаточная толщина
Ø57х3,5	3,4 3,3 3,4 3,5 3,4 3,3
Ø108 х4	3,6 3,4 3,3 3,4 3,4 3,5
Ø76х3,5	2,1 2,4 2,1 2,2 2,3 2,1

Анализ данных табл.2 показывает, что минимальная фактическая остаточная толщина труб тепловых сетей на момент измерения, следующие:

– труба металлическая Ø57Х3,5 – 3,3 мм;

– труба металлическая Ø108Х4 – 3,2 мм;

– труба металлическая Ø76Х3,5 – 2,1 мм.

Результаты и проблематика

Исходя из требований СП 124.13330 (пп. 13.4, 13.5) суммарная допускаемая скорость коррозии наружной и внутренней поверхностей для стальных труб не должна превышать [$\boldsymbol{v_{кор}}$] = 0,115 мм/год.

По результатам таблицы 2 рассчитаем фактическую суммарную скорость коррозии наружной и внутренней поверхностей для стальных труб подземной части тепловой сети на момент (срок эксплуатации 9 лет).

В качестве примера приведем расчет трубы Ø57х3,5. Начальная толщина трубы после вода в эксплуатацию $\boldsymbol{t}_н$=3,5 мм. Фактическая остаточная толщина трубы $\boldsymbol{t}_к$=3,38 мм. Определим фактическую скорость коррозии по следующей формуле.

$$\boldsymbol{v}_{кор} = \frac{t_{нач} - t_к}{n}, \quad (1)$$

где $t_{нач}$ – начальная толщина трубы после вода в эксплуатацию;

$t_к$ – фактическая остаточная толщина трубы;

n– срок эксплуатации.

$$\boldsymbol{v}_{кор\varnothing 57} = \frac{t_{нач} - t_к}{n} = \frac{3{,}5 - 3{,}3}{9} = 0{,}022 \text{ мм/год.}$$

Определим работоспособность трубы из условия коррозионной стойкости по следующей формуле.

$$\boldsymbol{v}_{\text{кор}} \leq [\boldsymbol{v}_{\text{кор}}], \quad (2)$$

где $[\boldsymbol{v}_{\text{кор}}]$ – суммарная допускаемая скорость коррозии наружной и внутренней поверхностей для стальных труб.

Для стальной трубы тепловой сети Ø57х3,5 работоспособность трубы из условия коррозионной стойкости составляет.

$$\boldsymbol{v}_{\text{кор}\boldsymbol{Ø57}} = 0,022 \text{ мм/год} < [\boldsymbol{v}_{\text{кор}}] = 0,115 \text{ мм/год}.$$

Работоспособность трубы из условия коррозионной стойкости выполняется.

Кроме того, в соответствии с требованиями источника [10] номинальная толщина стенки труб при изготовлении и фактическая толщина стенки труб при эксплуатации должны быть не менее значений, указанных в табл. 3.

Таблица 3

Номинальная толщина стенки труб

s, мм	D_a, мм					
	< 38	≤51	≤70	≤90	≤108	>108
При изготовлении	1,80	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
При эксплуатации	1,45	1,60	2,00	2,40	2,80	3,20

Исходя из расчетов и требований, приведенных выше определим предполагаемый срок службы трубы по следующей формуле:

$$m = \frac{t_{\text{нач}} - t_{\text{ном}}}{\boldsymbol{v}_{\text{кор}}}, \quad (3)$$

где m– предполагаемый срок службы трубы;

$t_{\text{ном}}$ – номинальная толщина стенки трубы.

$$m = \frac{t_{\text{нач}} - t_{\text{ном}}}{\boldsymbol{v}_{\text{кор}}} = \frac{3,5 - 2,8}{0,022} = 31,8 \text{ лет}.$$

Что по сравнению с данным источника [1] предполагаемый срок службы данной трубы меньше на 8 лет.

Работоспособность трубы из условия коррозионной стойкости и из требований источников [1; 10] не выполняется.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты расчетов стальных труб подземной части тепловой сети

Стальная труба тепловой сети	Фактическая скорость коррозии, мм/год	Предполагаемый срок службы трубы
Ø57х3,5	0,022	31,8 лет
Ø108х4	0,078	10,26 лет
Ø76х3,5	0,155	4,52 года

По данным источника [11] стальная труба Ø57х3,5 имеет ограниченно-работоспособное техническое состояние, стальные трубы Ø108х4 и Ø76х3,5 имеют аварийное техническое состояние.

Заключение

По результатам исследования проблем долговечности стальных труб подземной части тепловых сетей на промышленном объекте выявлены причины ускоренного износа. Одной из причин являются неблагоприятные геологические условия, выраженные в близком расположении подземных вод, в подтоплении и заболачивании участка. Кроме этого, подземные воды по степени агрессивности воздействия на металлические конструкции относятся к среднеагрессивным. Подтопление труб тепловых сетей, а также находящаяся вода в колодцах в жаркий период времени приводит к интенсивной коррозии труб.

Расчеты из условий коррозионной стойкости и из требований источников [1; 10] не выполняются, что указывает на то, что стальные трубы тепловой сети не работоспособны, т. е. стальная труба Ø57х3,5 – имеет ограниченно-работоспособное техническое состояние, стальные трубы Ø108х4 и Ø76х3,5 – имеют аварийное техническое состояние.

Исходя из сказанного выше, капитальный ремонт существующего трубопровода тепловых сетей по существующей схеме подземной части приведет к преждевременному ускоренному износу в виде коррозии внутренней и внешней части трубопроводов. Для обеспечения нормативного срока службы труб тепловой сети, рекомендуется провести реконструкцию тепловых сетей с установкой надземного трубопровода на опорах в бетонном основании.

Список литературы

1. Горшков, А. С. Износ и повреждение тепловых сетей. Решение проблемы качества и надежности энергоснабжения / А. С. Горшков, П. П. Рымкевич // Энергосбережение. – 2019. – №4. – С. 50–55. – EDN MAPWLA.

2. Слепченок, В. С. Внутренняя коррозия в открытых системах теплоснабжения и пути ее снижения / В. С. Слепченок, К. Н. Брусов // Новости теплоснабжения. – 2000. – №3. – С. 20–24.

3. Ромейко, В. С. Защита трубопроводов от коррозии / В. С. Ромейко, В. Г. Баталов, В. И. Готовцев [и др.]. – Москва : ВНИИМП, 1998. – 208 с.

4. Моисеев, Е. Ю. Анализ статистики аварийных ситуаций на тепловых сетях г. Дубна / Е. Ю. Моисеев // Системный анализ в науке и образовании. – 2015. – №3 (29). – С. 11–20.

5. Машенков, А. Н. О контроле состояния тепловых сетей / А. Н. Машенков, А. В. Филимонов // Новости теплоснабжения. – 2003. – №10. – С. 37.

6. Шафлик, В. Современные системы горячего водоснабжения / В. Шафлик. – К.: ДП ИПЦ «Такі справи», 2010. – 316 с.

7. СП 124.13330.2012. «Тепловые сети».

8. РД 153-43.1-17.465–00. «Методические указания по оценке интенсивности процессов внутренней коррозии в тепловых сетях».

9. ГОСТ Р ИСО 16809- 2015. «Контроль неразрушающий. Контроль ультразвуковой. Измерение толщины: Национальный стандарт Российской Федерации»: Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 июня 2015 г. № 555-ст. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293763/4293763111.pdf (дата обращения: 01.01.2024).

10. РД 10-249–98. «Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды».
11. ГОСТ 31937-2024. «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Сведения об авторах
Плотников Алексей Николаевич – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: plotnikovan2010@yandex.ru
Алексеева Олеся Анатольевна – аспирант кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: aosk21@yandex.ru
Михайлов Борис Васильевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: boris.mihaylov.63@mail.ru
Иванов Виктор Анатольевич – старший преподаватель кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: 2605viktor@mail.ru
Михайлов Сергей Борисович – преподаватель ГАПОУ «Чебоксарский профессиональный колледж им. Н.В. Никольского» г. Чебоксары, Россия. E-mail: west_coast_@mail.ru

Plotnikov Alexey Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: plotnikovan2010@yandex.ru
Alekseeva Olesya Anatolevna – Postgraduate Student Department of Building Structures, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia, e-mail: aosk21@yandex.ru
Mikhailov Boris Vasilyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: boris.mihaylov.63@mail.ru
Ivanov Viktor Anatolyevich – Senior Lecturer, Department of Building Structures, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia. E-mail: 2605viktor@mail.ru
Mikhailov Sergey Borisovich – teacher of the Cheboksary Professional College named after N.V. Nikolsky, Cheboksary, Russia. E-mail: west_coast_@mail.ru

Для цитирования:
Плотников, А. Н. Исследование причин ускоренного износа стальных труб подземной части тепловых сетей / А. Н. Плотников, О. А. Алексеева, Б. В. Михайлов [и др.] // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. Чебоксары: Среда 2024. – С. 327–334.
Citation:
Plotnikov A. N. Investigation of the causes of accelerated wear of steel pipes of the underground part of heating networks / A. N. Plotnikov, O. A. Alekseeva, B. V. Mikhailov [et al.] // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 327–334.

УДК 624.07:69.032.22:531.79

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПАВИЛЬОНА «АТОМ» ВДНХ

А.Н. Плотников,
А.Г. Николаева,
Н.В. Иванова
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Россия

Аннотация: *в статье обобщен опыт работы над проектом автоматического мониторинга уникального здания: павильона «Атом» на ВДНХ в г. Москва. Описывается конструктивное решение здания. Приводятся сведения о примененных датчиках. Анализируются возможные отклонения от нормальной эксплуатации. Показано размещение датчиков на основных конструкциях. Приводятся сведения о работе с расчетной моделью здания. Главной особенностью организации работ по автоматическому мониторинга для данного объекта является определение возможных сценариев отклонения от нормальной эксплуатации, которые вытекают из показаний датчиков, связанных между собой корреляционными зависимостями.*

Ключевые слова: *мониторинг, заглубленное здание, консольные фермы, деформации, инклинометры, тензометры, акселерометры, корреляционный анализ.*

IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC MONITORING OF THE VDNKh ATOM PAVILION

Abstract: *the article summarizes the experience of working on a project for automatic monitoring of a unique building: the Atom pavilion at VDNKh in Moscow. The design solution of the building is described. Information about the sensors used is provided. Possible deviations from normal operation are analyzed. The placement of sensors on the main structures is shown. Information about working with a calculation model of the building is provided. The main feature of organizing work on automatic monitoring for this object is the definition of possible scenarios for deviations from normal operation, which follow from the readings of sensors linked by correlation dependencies.*

Keywords: *monitoring, buried building, cantilever trusses, deformations, inclinometers, strain gauges, accelerometers, correlation analysis.*

Введение

Павильон «Атом» начал функционировать на ВДНХ, г. Москва в начале 2024 г., т. к. здание относится к категории уникальных зданий,

было необходимо разработать систему автоматического мониторинга. Основные признаки уникальности здания: заглубление на 16 м, консольные вылеты до 47 м, кроме этого под консолями стеклянные не несущие стены. Здание в плане квадратное, 75х75 м. По высоте над уровнем земли здание – до 20 м.

Каждое оригинальное здание требует индивидуального подхода, при этом должны быть обеспечены общие требования по устойчивости, прочности и деформациям.

Подобной работой кафедра строительных конструкций Чувашского госуниверситета занимается около десяти лет. Кафедра стремится применять принцип интегральности анализа данных, получаемых с разного типа датчиков и групп однотипных датчиков, расположенных на разных участках здания. Применяются инклинометры, тензометры и акселерометры, реже другие типы датчиков.

Материалы и методы исследований

Авторами опубликован ряд работ на тему создания системы мониторинга для разных типов зданий [1; 2; 7–10]. Результатом работы является создание матриц мониторинга, задающих по критическим точкам мониторинга предельные значения измеряемых величин при нормативных и расчетных воздействиях. Этот процесс реализуется в рамках научного сопровождения проектирования объекта.

На первом этапе рассматривается конструктивная система здания и изучаются особенности напряженного состояния его элементов. Фасад здания представлен на рис. 1.

Некоторые конструктивные характеристики павильона «Атом»: подземная часть возводилась методом «стена в грунте», далее все конструкции устраивались методом «Top-Down», т.е., сверху вниз, в том числе фундаментная плита толщиной 1,5 м, соединяемая затем с освобождающимися от грунта стенами. Часть кровли здания опирается на 12 консольных ферм переменной высоты и переменной длины (максимальный вылет фермы составляет 47 м). Шаг ферм составляет 6 метров. В перпендикулярном направлении к главным консольным фермам устраиваются второстепенные фермы. По внешнему периметру фермы объединены между собой стальными балками. Каждая ферма является консолью, так как фасадные стойки не предусмотрены для восприятия вертикальных нагрузок с консольной крыши. Консольные фермы должны иметь строительный подъём, равный прогибу от постоянных нагрузок, для уменьшения прогиба на границе с фасадной конструкцией от временных нагрузок.

Рис. 1. Общий вид павильона

Диагональный разрез здания представлен на рис. 2.

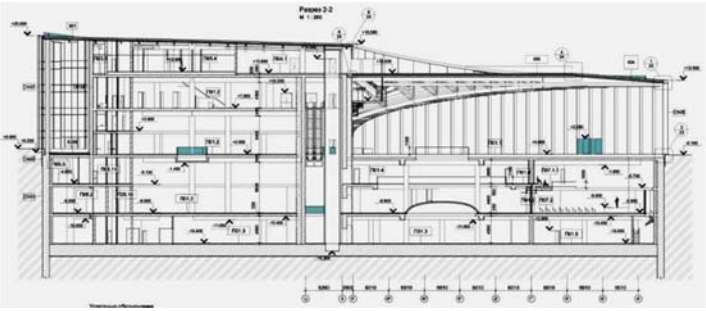


Рис. 2. Разрез здания

Проектировщиками рассматривалось несколько вариантов сопряжения металлических консольных ферм к монолитному остову здания. В первом варианте они крепились только на закладных деталях с глубокой анкеровкой в перекрытиях, во втором варианте, принятым к производству работ, фермы продлены до второй стены в глубь здания, с опиранием на две монолитные стены. Это решение представлено в [3]. Примыкание к первой стене в процессе производства работ показано на фото (рис. 3).

Рис. 3. Примыкание ферм к стене

Для консольных ферм используются сварные прямоугольные профили: 400х700(h) t=40мм; 400х700(h) t=60мм; 400х700(h) t=30мм; 300х300(h) t=20мм; прямоугольные сварные сечения сложной формы из листов толщиной 30мм и 40мм (окончания ферм).

По внешнему периметру фермы объединены между собой стальными балками (двутавр 30К5, квадратное сечение 300х300 t=12мм, сварное прямоугольное сечение 450х300(h) t=34мм).

Элементы ферм соединяются на болтовых соединениях, а также на сварке.

Верхний узел крепления стеклянной стойки к консольной части кровли предусмотрен подвижным для исключения передачи вертикальных нагрузок от консольной части кровли на стеклянные элементы. Зазор между стеклянными элементами и консольной частью кровли составляет не менее 220 мм, что более возможного перемещения консольной части кровли от кратковременных нагрузок.

На объекте применены инклинометры двухкоординатные марки ИН-Д3ц-7200 (диапазон 7200 уг. сек.) струнные датчики деформаций SVWG-D01-07 (диапазон удлинения-укорочения 3000 микрострейн), акселерометры СД-1Э (диапазон частот 0,1 – 40 Гц).

Результаты и проблематика

Прогибы сопровождаются осевыми деформациями изгибаемых элементов и углами поворота их опорных зон. Углы поворота измеряются инклинометрами, что дает информацию о кренах здания, а также о прогибах больших консольных ферм. Установленные на фундаментной плите инклинометры регистрируют самые незначительные ее деформации. Программное обеспечение для мониторинга, осуществляющее опрос инклинометров обеспечивает непрерывность наблюдений, а также сбор, анализ

и сравнение значений измеренных величин с расчетными (проектными). Различия в величинах наклона элементов конструкции свидетельствуют о развитии локальных процессов деформации здания. От стен и колонн требуется сохранение проектного положения в течение всего периода эксплуатации. Осадка опоры и ее крен значительно влияют на напряженное состояние стен и колонн, особенно на трещиностойкость, приводят к перераспределению усилий. Осадки, как правило, происходят неравномерно, вследствие этого измерение деформаций опор сводится к измерению кренов. Эти положения хорошо соотносятся с данными, приведенными в большой работе, посвященной практике мониторинга института «Георeконструкция» [4].

Наибольшие деформации здания от временной нагрузки ожидаются на краях консольных металлических ферм. Нагрузка – снеговая и ветровая. В опорной части ферм деформации контролируются по нижнему и верхнему поясам ферм. Усилия в фермах определяются тензометрами.

Общий крен здания и отдельных вертикальных несущих конструкций – колонн устанавливается по углам поворота конструкций.

Между основными характеристиками несущей способности фундаментной плиты – средним давлением под подошвой и краевыми пиковыми значениями и деформациями плиты имеется прямая связь, выражаемая аналитическими уравнениями. В том числе имеется связь с неравномерными деформациями плиты, следствием которых являются углы поворота касательных в характерных точках поверхности плиты. Это дает возможность для контроля давления под подошвой фундамента использовать измерители углов поворота – инклинометры (рис. 4–6).

Комплексную информацию о целостности конструкции, ее состоянии, несущей способности дает вибродиагностика, выражающаяся в контроле ее динамических параметров.

Одним из ключевых моментов при расчете конструкций на динамические воздействия и оценке разумности принятых конструктивных решений является определение частоты (периода) первой формы свободных колебаний.

Рис. 4. Расположение инклинометров
и акселерометров у фундаментной плиты

Рис. 5. Расположение тензометров и инклинометров
под нижним перекрытием

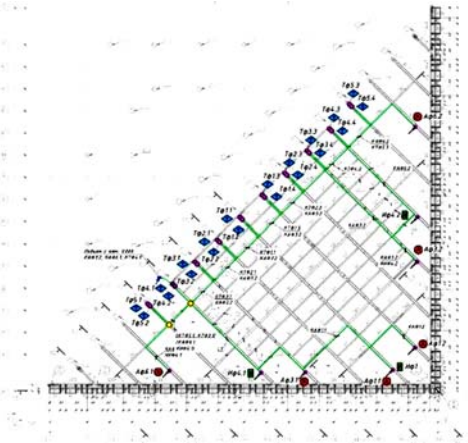


Рис. 6. Расположение тензометров и инклинометров
и акселерометров на металлических консольных фермах

Ожидаемые прогибы и углы поворота здания получены методом конечных элементов в программе «Лира-САПР» путем введения различных РСН.

Расчетная модель была разработана НИИЖБ им. А.А. Гвоздева НИЦ «Строительство» и адаптирована для получения значений для автоматического мониторинга по расчетной и нормативной нагрузкам без собственного веса для инклинометров и тензометров и с собственным весом для акселерометров (рис. 7).

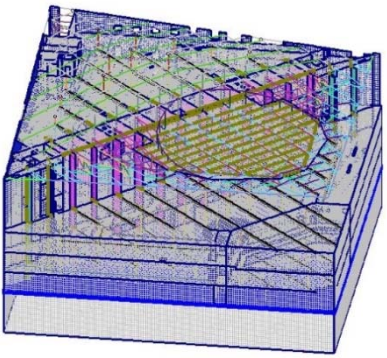


Рис. 7. Общий вид расчетной модели

Из расчетной модели были взяты углы поворота в точках расположения инклинометров и усилия для нахождения пределов деформаций для тензометров (рис. 8).

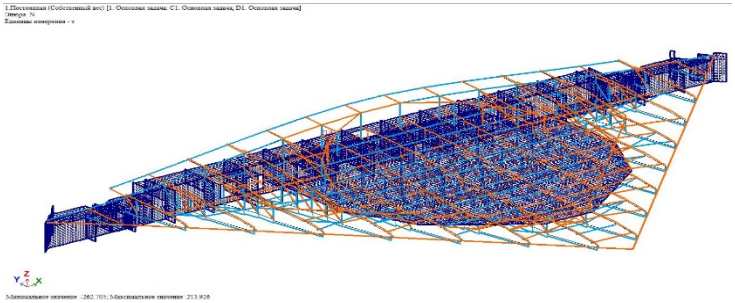


Рис. 8. Распределение усилий в консольных фермах

Для консольных ферм на объекте применена сталь С390, толщиной листа 40 мм – расчетное сопротивление Ry = 380 МПа. По данным расчета уровень напряжения при расчетной нагрузке не превышает 80% расчетного сопротивления стали (0,8 * 380 = 304 МПа). Отсюда – предельная деформация при растяжении ε = Ry / E = 304 / 200000 = 0,00152. На базе тензометра 70 мм деформация 70 * 0,00152 = 0,106 мм (от полной расчетной нагрузки).

Деформации определяются как:

$$\Delta = \frac{N}{A}\frac{l}{E}$$

Для ферм с самым большим вылетом относительная деформация от временной расчетной нагрузки $\aleph = 263$, от временной нормативной нагрузки $\aleph = 200$.

Для совместно работающих несущих конструкций павильона, т. е. для здания в целом применяются 33 инклинометра в подземной части, 7 в надземной части, 9 тензометров в подземной части, 23 тензометра в надземной части, 2 акселерометра в подземной части, 7 акселерометров в надземной части.

Алгоритм корреляционных зависимостей между 81 датчиком представляет собой мало обусловленную задачу, требующую дополнительных исследований. В связи с этим задача разделена на несколько подзадач.

В надземной части здание состоит из монолитной части и металлической консоли. Необходимо разделить общий крен здания и прогиб консоли.

В подземной части необходимо разделить общий крен здания и деформации фундаментной плиты.

Для эффективного анализа технического состояния сооружений, выражающегося в достоверности показаний датчиков и определения вида ненормативного состояния необходима установка корреляционных связей [5; 6]. Два типа датчиков: инклинометры и тензометры характеризуют изменение геометрии объекта, связь между ними прямая, это соотношение углов поворота и перемещений. Акселерометры, измеряющие частоту

и ускорение колебаний в контрольной точке, напрямую с геометрией объекта не связаны. Однако значительное изменения значений геометрии и колебаний однозначно свидетельствует об аварийном состоянии объекта.

Корреляция величин определяется коэффициентом корреляции.

$$r_{xy} = \frac{\sum(d_x \cdot d_y)}{\sqrt{(\sum d_x^2 \cdot d_y^2)}};$$

Здесь dx, dy – отклонения измеряемых датчиками величин от нормируемых уставок.

Возможные сценарии аварийных ситуаций по надземной части:

Сценарий 1 – общий крен здания в одном направлении (любое из 4 направлений);

Сценарий 2 – потеря устойчивости стен, сопровождается наклоном стен навстречу друг другу;

Сценарий 3 – потеря формы здания, закручивание стен вокруг вертикальной оси здания;

Сценарий 4 – значительный прогиб металлических ферм покрытия от превышения общей нагрузки на покрытие;

Сценарий 5 – неравномерный прогиб металлических ферм покрытия от снеговых мешков или приложения локального груза.

Таблица 1

Таблица взаимных корреляций по инклинометрам (надземная часть)

	Ин4.1	Ин4.2	Ин4.3	Ин4.4	Инф1	Инф4.1	Инф4.2
Ин4.1	--------	Сц 1/3	Сц 1/2	Сц ½	Сц 1	Сц 1	Сц 1
Ин4.2	Сц 1/3	---------	Сц ½	Сц ½	Сц 1	Сц 1	Сц 1
Ин4.3	Сц 1/2	Сц 1/2	---------	Сц 1/3	Сц 1	Сц 1	Сц 1
Ин4.4	Сц 1/2	Сц 1/2	Сц 1/3	---------	Сц 1	Сц 1	Сц 1
Инф1	Сц1	Сц 1	Сц 1	Сц 1	---------	Сц 4/5	Сц 4/5
Инф4.1	Сц 1	Сц1	Сц 1	Сц 1	Сц 4/5	---------	Сц 4/5
Инф4.2	Сц 1	Сц 1	Сц 1	Сц 1	Сц 4/5	Сц 4/5	---------

Через дробь показан сценарий, сопровождающийся отрицательной корреляцией. Показания тензометров на фермах берутся по модулю.

Выбор значения в таблице через дробь осуществляется путем сопоставления полученных коэффициентов корреляции. Выбирается значение с большим коэффициентом с учетом его работы в группах.

По остальным датчикам и по подземной части составляется аналогичная таблица сценариев.

Выводы по надземной и подземной частям здания по крену, потере устойчивости стен, закручиванию обобщаются оператором. При их совпадении дается общий вывод, при несовпадении констатируется более сложная ситуация по деформациям здания.

Заключение

Реализован автоматический интегральный мониторинг на уникальном объекте - павильоне «Атом» на ВДНХ в г. Москва.

Неравномерные деформации фундаментной плиты и крен здания определяются по показаниям инклинометров.

Определен диапазон деформаций для тензометров, для консольных ферм – 200–260 мкм.

Разработаны сценарии аварийных ситуаций для здания и определены корреляционные связи по ним, что является основой для разработки в дальнейшем анализа состояния здания искусственным интеллектом.

Список литературы

1. Плотников, А. Н. Реализация принципов интегрального мониторинга при эксплуатации зданий и сооружений / А. Н. Плотников, М. Ю. Иванов, А. Г. Николаева // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022: VI Международная (XII Всероссийская) конференция. – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 216–225.

2. Плотников, А. Н. Интегральный автоматический мониторинг высотных, заглубленных и большепролетных сооружений, разработанный кафедрой строительных конструкций Чувашского госуниверситета / А. Н. Плотников, С. А. Левин, А. Г. Лукин [и др.] // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции НАСКР-2018. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2018.– С. 278–294.

3. Козелков, М. М. Конструктивное решение сопряжения большепролетного стального покрытия с несущей системой из монолитного железобетона павильона «Атомная энергия» АО «ВДНХ» / М. М. Козелков, А. В. Луговой, Р. Ш. Шарипов // Бетон и железобетон. – 2023. – №1 (615). – С. 5–13. DOI: 10.37538/0005-9889-2023-1(615)-5-13

4. Шашкин, А. Г. Мониторинг зданий и сооружений при строительстве и эксплуатации: монография / А. Г. Шашкин, К. Г. Шашкин, С. Г. Богов [и др.]. – Санкт-Петербург : Георeконструкция, 2021. – 640 с.

5. Плотников, А. Н. Анализ корреляции параметров мониторинга многоэтажного здания для определения его деформированного состояния / А. Н. Плотников, С. А. Левин, И. С. Горбунова [и др.]. // В сборнике: строительство и застройка: жизненный цикл – 2020: Материалы V Международной (XI Всероссийской) конференции. – Чебоксары, 2020. – С. 292–304.

6. Plotnikov, A. N., Levin, S. A., Gorbunova, I. S., Nikolaeva, A. G., Arinina, N. N. (2022). Analysis of Correlation of Monitoring Parameters of a Multi-storey Building for Determining Its Deformed State. In: Vatin N.I., Tamrazyan A.G., Plotnikov A.N., Leonovich S.N., Pakrastins L., Rakhmonzoda A. (eds) Advances in Construction and Development. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 197. Springer, Singapore. DOI: 10.1007/978-981-16-6593-6_24

7. Плотников, А. Н. Жесткостные параметры высотных зданий и их определение при мониторинге / А. Н. Плотников, М. Ю. Иванов, О. С. Яковлева // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2020. – №1 (43). – С. 55–65. – DOI 10.37972/chgpu.2020.43.1.006. – EDN UDJKTB.

8. Плотников, А. Н. Информативность систем мониторинга высотных зданий из принципа минимизации количества датчиков / А. Н. Плотников, М. Ю. Иванов, Е. Н. Порфирьева // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции (Чебоксары, 21–22 ноября 2018 г.). – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 267–277. – EDN ZBLMST.

10. Plotnikov, A. Changes in the stiffness of load-bearing elements of a high-rise building and inclinometer data based on finite element analysis / A. Plotnikov, M. Ivanov // E3S Web of Conferences (Moscow, 22–24 апреля 2021 г.). – Moscow, 2021. – P. 02023. – DOI 10.1051/e3sconf/202126302023. – EDN ROGITC.

Сведения об авторах:

Плотников Алексей Николаевич – доцент кафедры строительных конструкций, декан строительного факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru

Николаева Анастасия Георгиевна – старший преподаватель кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: nag_sf@mail.ru;

Иванова Наталия Васильевна – старший преподаватель кафедры строительных конструкций, аспирант ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия. E-mail: sus-a@mail.ru

Plotnikov Alexey Nikolaevich – Associate Professor of the Department of Building Structures, Dean of the Faculty of Civil Engineering, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov (ChuvSU), 15 Moskovskiy Prospekt, Cheboksary, Russia. E-mail: plotnikovAN2010@yandex.ru

Nikolaeva Anastasia Georgievna – Senior Lecturer of the Department of Building Structures of Civil Engineering, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov (ChuvSU), 15 Moskovskiy Prospekt, Cheboksary, , Russia. E-mail: nag_sf@mail.ru,

Ivanova Natalia Vasilievna – Senior Lecturer of the Department of Building Structures, Post-Graduate Student, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov (ChuvSU), 15 Moskovskiy Prospekt, Cheboksary, Russia. E-mail: sus-a@mail.ru;

Для цитирования:

Плотников, А. Н. Реализация автоматического мониторинга павильона «Атом» ВДНХ / А. Н. Плотников, А. Г. Николаева, Н. В. Иванова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. – Чебоксары: Среда, 2024. – С. 335–345.

Citation:

Plotnikov A. N. Implementation of automatic monitoring of the VDNKh Atom pavilion / A. N. Plotnikov, A. G. Nikolaeva, N. V. Ivanova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 335–345.

УДК 69.059.3

ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ЗДАНИЙ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ ПОД ОБЩЕСТВЕННУЮ ФУНКЦИЮ

К.А. Фабричная,
А.Ю. Давыдова
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Казань, Россия

Аннотация: *при модернизации тепловых сетей г.Казани освободилось множество зданий бывших тепловых пунктов, которые были выставлены на продажу. Расположение объектов в центрах населенных «спальных» микрорайонов предполагает эффективное приспособление таких зданий под разные общественные функции. В статье на примере конкретного здания анализируются проблемы, возникшие в результате эксплуатации, и приводятся необходимые конструктивные решения при возможном приспособлении, один из вариантов модернизации в здание общественного центра.*

Ключевые слова: *приспособление, модернизация, усиление конструкций.*

EXPERIENCE IN MODERNIZATION AND ADAPTATION OF HEATING STATION BUILDINGS FOR PUBLIC FUNCTIONS

Abstract: *during the modernization of the heating networks of Kazan, many buildings of former heating stations were vacated and put up for sale. The location of the facilities in the centers of populated "sleeping" micro districts suggests the effective adaptation of such buildings for various public functions. The article analyzes the problems that arose as a result of operation using a specific building as an example and provides the necessary design solutions for possible adaptation, as well as one of the options for modernization in the building of a public center.*

Keywords: *adaptation, modernization, strengthening of structures.*

Введение

В крупных муниципальных образованиях России развиты системы централизованного горячего тепло и водоснабжения. В период активной застройки городов жилыми «спальными» районами из многоэтажных многоквартирных жилых домов (МКД), снабжение зданий теплом и горячим водоснабжением выполнялось от центральных тепловых пунктов (ЦТП), расположенных в центре микрорайона и имевших значительные

габариты, связанные с размером оборудования. Современное оборудование, приборы учета и возможности автоматизации с учетом актуальных требований по энергосбережению привело к модернизации сетей во многих городах России с одновременных переходом на индивидуальные для каждого здания встроенные тепловые пункты [1].

В городе Казани АО «Татэнерго» впервые в России сформировало и реализовало новый эффективный механизм перевода системы теплоснабжения крупного города на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (АИТП). Данная программа, включала три этапа: пилотный проект (2013 год), первый этап (2015 год) и основной этап (2017 год) и позволила ликвидировать более 260 км ветхих сетей ГВС, вывести из эксплуатации крайне изношенное оборудование 131 центральных тепловых пунктов (ЦТП). В 2021 году АО «Татэнерго» выставило на продажу ставшие ненужными здания ЦТП, главным достоинством которых является локация в жилых сложившихся районах. Возник вопрос ремонта и приспособления данных зданий под новые функции, чаще всего как сетевой магазин или точку общественного питания. Однако многие казанские исследователи отмечают, что в сложившихся районах города не хватает развитых общественных функций, которые могут решатся как пространства нескольких типов по доступности для широкого использования [2]. Для устройства таких пространств возможно использование бывших промышленных объектов и территорий [3].

Анализ опыта приспособления бывших промышленных объектов и территорий за рубежом, выполненный Т.Ю. Быстровой [4; 5], показал, что бывшие промышленные территории формируются как территории самого различного назначения, с преобладанием общественных пространств, в нашей стране предпочтение отдается приспособлению под жилое, часто элитного уровня или офисное пространство.

Одним из эффектных и удачных примеров приспособления промышленного объекта под общественную функцию стал реализованный в Москве проект итальянского архитектора Ренцо Пьяно по преобразованию электростанции ГЭС-2 на берегу Москвы-реки в новую площадку для современного искусства. Построенная между 1904 и 1907 годами в районе Якиманка электростанция, когда-то бывшая поставщиком энергии для города, переосмыслена для поставки энергии другого рода – творческих идей. Территория бывшей ГЭС-2 разделена на три ключевые зоны – общественные места, демонстрирующие бесплатные экспонаты, крытые художественные галереи и учебные заведения. Территория благоустроена для создания парка скульптур в окружении берез и амфитеатра для проведения мероприятий, включая показ фильмов под открытым небом. Библиотека, книжный магазин, кафе и аудитория будут расположены рядом с атриумом галереи. Дом культуры «ГЭС-2» открылся для посетителей в декабре 2021 г.

С другой стороны современной тенденцией при строительстве жилых комплексов является проектирование комьюнити – центров (с англ. – центр сообщества, общинный центр), или как их еще называют «соседских центров», которые появились в России около 10 лет назад и еще не получили широкого распространения. Такие центры предполагают возможность собраний, общения, совместного досуга, занятия спортом и работой. Фактически соседский центр – это мультифункциональное пространство, которое может размещаться встроено, на первом этаже жилого дома или как отдельно стоящее здание. Площадь центра определяет застройщик и, например при 180 м^2, возможно размещение компактного кинозала, коворкинга, зала для занятий спортом, переговорной и детской комнаты. При этом функционально коворкинг занимает до 30% пространства, позволяя разместить до десяти рабочих мест, зал для занятий спортом предполагает занятие малых групп (2–3 человека) с тренером, при этом желательно устройство зоны легких перекусов.

Приспособление бывшего здания теплового пункта, находящегося в центре микрорайона сложившейся жилой застройки под комьюнити центр позволит повысить комфорт проживания и создать точку общественного пространства в спальном районе. Рассмотрим возможность такого приспособления на примере здания, расположенного по ул. Кул Гали в г. Казани,рис.1. Здание бывшего ЦТП располагается внутри квартала, застроенного по периметру многоэтажными жилыми домами, рядом находятся территории школы и детского сада.

Материал и методы исследований

Рассматриваемое здание прямоугольной формы в плане, размерами 24*12 м, одноэтажное с башенным пристроем, высота помещения до низа стропильной конструкции 6,0 м.Несущая система представляет собой стены из керамического кирпича, толщиной 380 мм, с пилястрами (510х510) для опирания двускатных железобетонных стропильных балок по серии ПК-01- 06, а также ребристых плит покрытия 3х6 м по серии 1.465.1-21.94 и пустотных плит по серии 1.041.1. Фасады и стены здания изнутри оштукатурены. Водосток с кровли организованный, внутренний. Заполнение оконных проемов выполнено оконными блокам из ПВХ профиля. Дверные блоки и ворота металлические. Состояние здания до приспособления показано на рис. 2.

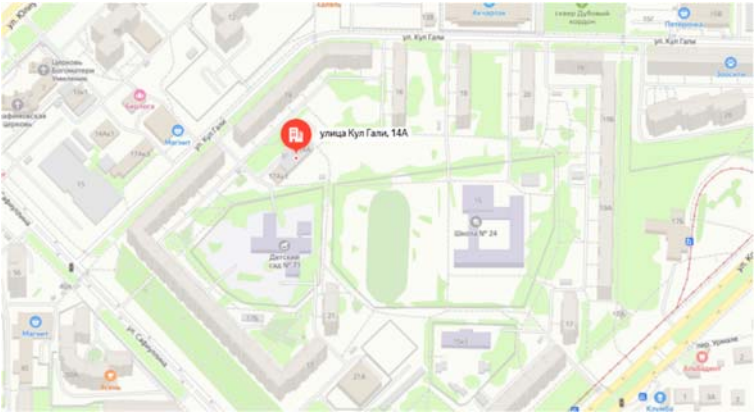


Рис. 1. Расположение модернизируемого здания
в сложившейся застройке

В результате обследования,выполненного в 2023 году, были выявлены дефекты и повреждения, связанные с длительным сроком эксплуатации здания и физическим износом строительных конструкций – замачивание карнизных зон стен, трещины в стенах, замачивание элементов покрытия, повреждение защитного слоя бетона, оголение рабочей арматуры, коррозия арматуры. По результатам обследования установлена категория технического состояния для стен и балок покрытия работоспособная, для плит покрытия – ограниченно работоспособная. Требуется ремонт и усиление отдельных конструкций. Так же внешний и внутренний облик здания эстетически непривлекателен.

Для устройства комьюнити-центра потребуются дополнительные площади, что достигается устройством дополнительного перекрытия и использованием эксплуатируемой кровли над частью здания, что позволило увеличить полезную площадь здания в 2,5 раза. Современный привлекательный образ здания формируется за счет расширения существующих и устройства новых оконных проемов, частичного демонтажа плит покрытия (наиболее поврежденных участков) с заменой на витражное остекление, использование для отделки фасада высококачественных материалов, деревянной обшивки (планкен из хвойных пород дерева). Применение в проекте конструкций и материалов, соответствующих современному уровню, в сочетании с высокотехнологичными методами строительства и строительными нормами позволяет добиться большей выразительности объемно-планировочных и конструктивных решений, а также обеспечения требуемой энергетической эффективности и пожарной безопасности проектируемого здания. Все проектные решения разрабатывались с использованием редактора Revit.

Рис. 2. Состояние здания до приспособления:
а,б – фасады, в, г – внутреннее пространство

После реновации здание становится трехэтажным. Связь между этажами производится через пристрой- башню, в которой устраивается двухмаршевая лестница, в проеме которой расположен панорамный лифт. Запасной выход со второго этажа предусмотрен по наружной металлической лестнице.

Устройство нового перекрытия предлагается без опор, подвешиванием к низу стропильных балок с опиранием в крайних пролетах на кирпичные стены. Такое решение обеспечивает максимально свободную планировку 1 этажа. В проекте предусмотрено устройство на 1 этаже: общего вестибюля-зала, площадью 100 м^2, с примыкающими гардеробом, санузлами, минибаром; детской игровой зоны, площадью 65,8 м^2, выделенной стеклянными перегородками; зоны кинотеатра, площадью 48м^2, с примыкающими техническими помещениями. На втором этаже расположен коворкинг, площадью 130 м^2, и зал для занятий спортом в малых группах, 68 м^2 с примыкающими блоками раздевалок. Над коворкингом и залом для занятий

предусмотрено устройство стеклянной кровли. В общем холле между коворкингом и залом расположена зона гостиной с диванами. Терраса в теплое время года может использоваться для занятий спортом или как площадка кафе и зона тихого отдыха. В верхней части башни над лестницей предусмотрено устройство технического помещения-венткамеры и организация выхода на кровлю башни через люк в покрытии.

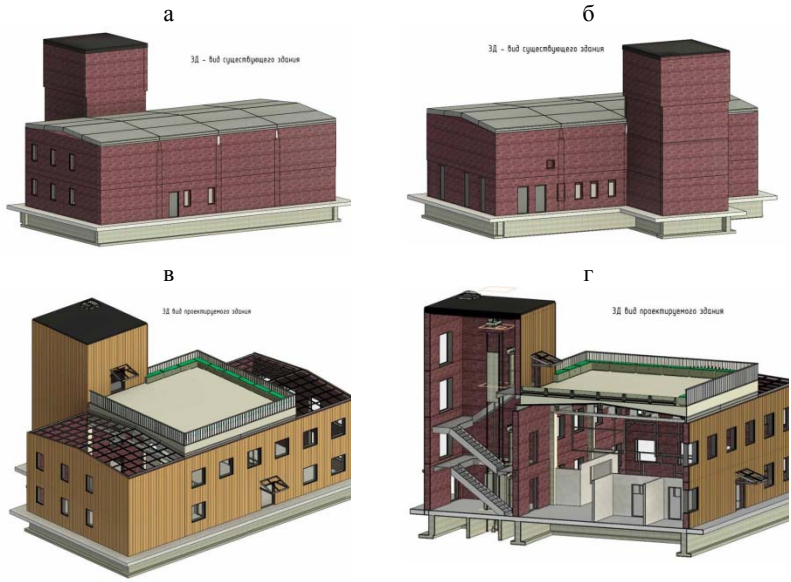


Рис. 3. Общий 3д вид здания: а, б – до реновации,
в, г – по проекту приспособления для комьюнити центра

Результаты и проблематика

Предлагаемое объемно-планировочное решение обеспечивается интересными конструктивными разработками. Необходимо как устройство новых конструкций – перекрытий; лестницы и лифта, витражей, так и усиление или замена существующих – усиление ленточных фундаментов и кирпичных стен, усиление организуемых проемов, ремонт и усиление балок и плит покрытия.

Принципиальное конструктивное решение нового перекрытия показано на рис. 4 и представляет собой сталежелезобетонный настил по стальным главным и второстепенным балкам. Подвешивание к железобетонной балке покрытия, на которой ранее был установлен подвесной кран, грузоподъемностью 5 т, позволяет сократить пролет главной балки,

а устойчивость обеспечивается заделкой главных балок и выпусков арматуры из настила в кирпичные стены. Нагрузка на перекрытие принята 8 кН/м^2, что предполагает использование «легких» покрытий пола – ламината, виниловой плитки и каркасных гипсокартонных перегородок. Строительная высота перекрытия 650 мм.

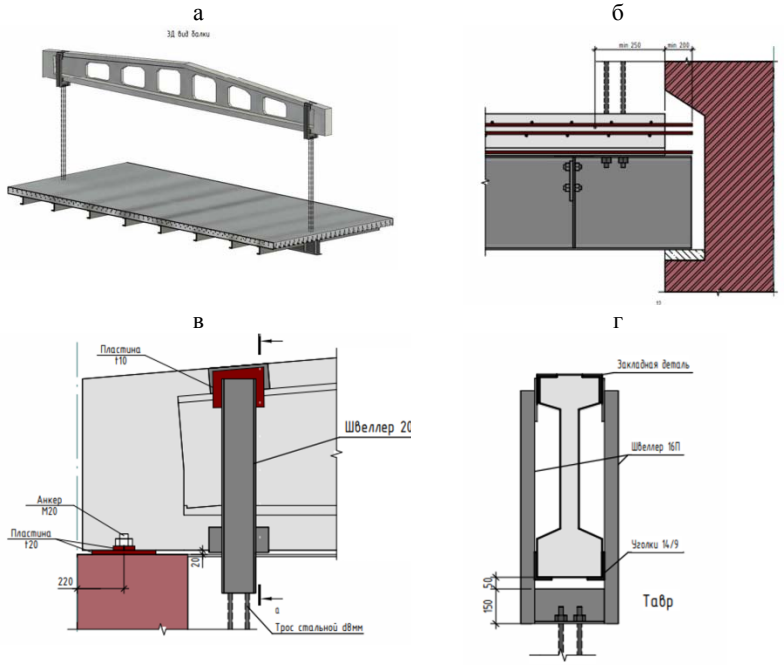


Рис. 4. Конструкция нового перекрытия: а – общий вид, б – узел анкеровки перекрытия в стену, в, г- узел подвеса к балке покрытия

Конструкции новой лестницы – монолитная по стальным косоурам, заделанным в кирпичные стены, шахта встроенного лифта каркасная из стальных труб замкнутого профиля с облицовкой стеклом. Отсутствие подвала в здании позволяет создать дополнительные плитные фундаменты для опирания новых конструкций, и обеспечить доступность существующих фундаментов для усиления изнутри здания. Прогоны для стеклянной кровли так же предусмотрены металлическими, закрепляемыми с шагом 1,5 метра, в уровне стоек балки. Полы 1 этажа выполняются по слою утеплителя с силовой частью из армированной бетонной плиты толщиной 200 мм.

Ремонт и усиление существующих конструкций предполагает:

– усиление грунта основания методом цементизации;

– восстановление сплошности материалов стен и фундамента, поврежденных замачиванием и трещинами методами инъектирования;

– усиление наиболее нагруженных простенков сложной тавровой формы с помощью стальной обоймы;

– усиление расширяемых и новых проемов металлическими спаренными балками;

-повышение эксплуатационных характеристик стен устройством слоя эффективного утеплителя под облицовкой фасада;

Восстановление защитных слоев и усиление отдельных элементов балок и плит перекрытия с помошью стальных прокатных проилей.

Известно множество типовых решений по усилению конструкций [6–8], при разработке проекта за основу приняты рекомендации А.И. Мальганова и В.С. Плевкова, проверочные расчеты проводились с учетом требований СП 427.1325800.2018 «Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления» для кирпичной кладки и СП 349.1325800.2017 «Конструкции бетонные и железобетонные. Правила ремонта и усиления» для конструкций покрытия. Анализ вариантов усиления простенков сложной формы, с учетом выполненных экспериментальных исследований [9], показал достаточную несущую способность и экономичность усиления стальной обоймой.

Заключение

Предлагаемый проект приспособления при достаточном обосновании конструктивных решений позволяет модернизировать скучный промышленный объект в интересный и выразительный средообразующий объект.

Список литературы

1. Филимонов, А. Г., Филимонова, А. А., Чичирова, Н. Д., Валеев, А. Ф. Особенности перехода Казани на АИТП при реализации комплексной программы повышения эффективности системы теплоснабжения // Вестник КГЭУ. – 2019. – №2 (42). – С. 127–136.

2. Буштец, Д. В. Реновация бывших промышленных территорий и объектов срединной зоны в общественные пространства / Д. В.Буштец, М. Ю. Забрускова // Известия КГАСУ. – 2018. – №2 (44). – С. 47–55.

3. Гайдук, А. Р. Реновация промышленных объектов и адаптация индустриальных зон городов к современным условиям (на примере г. Казань) / А. Р. Гайдук // Известия КГАСУ. – 2016. – №4 (38). – С. 83–88.

4. Быстрова, Т. Ю. Реабилитация промышленных территорий городов: теоретические предпосылки, проектные направления (Часть 1) / Т. Ю. Быстрова // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. – 2013. – №3. – С. 21–24.

5. Быстрова, Т. Ю. Реабилитация промышленных территорий городов: теоретические предпосылки, проектные направления (Часть 2) / Т. Ю. Быстрова // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. – 2013. – №4. – С. 21–26.

6. Мальганов, А. И. Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений / А. И. Мальганов, В. С. Плевков. – Томск: ООО «Печатная мануфактура», 2002.– 506 с.

7. Каталог конструктивных решений по усилению и восстановлению строительных конструкций зданий и сооружений. – Москва : ОАО «ЦНИИПромзданий», 2009.– 120 с.

8. Бедов, А. И. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций: учебное пособие / А. И. Бедов, А. И. Габитов. – Москва : АСВ, 2008. – 568 с.

9. Фабричная, К. А. Влияние способа усиления на напряженно-деформированное состояние внецентренно сжатого кирпичного простенка / К. А. Фабричная // Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее: Сборник тезисов докладов Международной научной конференции. (ЖБК-2024). – Казань : КазГАСУ, 2024. – С. 74.

Сведения об авторах:

Фабричная Ксения Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия. E-mail: fabrichnayak@list.ru

Давыдова Арина Юрьевна – магистр по специальности 08.04.01 Строительство, конструктор, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия. E-mail: arina.davydova.99@inbox.ru

Fabrichnaya Ksenia A. – Candidate of Sciences (Engineering), associate professor, department of reinforced concrete and masonry structures in Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia. E-mail: fabrichnayak@list.ru

Davydova Arina Y. – master's degreeof Sciences (Engineering) of Higher Education Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia. E-mail: arina.davydova.99@inbox.ru

Для цитирования:

Фабричная, К. А. Опыт модернизации и приспособления зданий тепловых пунктов под общественную функцию / К. А. Фабричная, А. Ю. Давыдова // Строительство и застройка: жизненный цикл – 2024: VII Международная (XIII Всероссийская) конференция. Чебоксары: Среда 2024. – С. 346–354.

Citation:

Fabrichnaya K. A. Experience in modernization and adaptation of heating station buildings for public functions / K. A. Fabrichnaya, A. Y. Davydova // Construction and development: life cycle – 2024: VII International (XIII All-Russian) Conference (CDLC – 2024). Cheboksary: Publishing House Sreda, 2024. – P. 346–354.

Научное издание

**СТРОИТЕЛЬСТВО И ЗАСТРОЙКА:
ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ – 2024**

Материалы VII Международной
(XIII Всероссийской) конференции
(Чебоксары, 20–21 ноября 2024 г.)

**CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT:
LIFE CYCLE – 2024 (CDLC – 2024)**

Materials of the VII International
(XIII All-Russian) Conference
(Cheboksary, November 20–21, 2024)

Том 1

Ответственный редактор *А. Ю. Александров*
Компьютерная верстка *А. Д. Федоськина*
Дизайн обложки *М. С. Федорова*

Подписано в печать 25.12.2024 г.
Дата выхода издания в свет 28.12.2024 г.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 20,69. Заказ К-1397. Тираж 500 экз.

Издательский дом «Среда»
428005, Чебоксары, Гражданская, 75, офис 12
+7 (8352) 655-731
info@phsreda.com
https://phsreda.com

Отпечатано в Студии печати «Максимум»
428005, Чебоксары, Гражданская, 75
+7 (8352) 655-047
info@maksimum21.ru
www.maksimum21.ru