Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал СФУ
институт

Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н. Шибаева
подпись инициалы, фамилия
« _____» _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний
тема

08.04.01 Строительство
код и наименование направления

08.04.01.03 Теория и проектирование зданий и сооружений
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель_____ к.т.н, доцент Д.Г.Портнягин
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ А.В. Жарченко
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент исполнительный директор_____
ООО «Абаканская строительная компания"
_____ А.К. Кайнаков
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ к.т.н., доцент Г.Н. Шибаева
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2020

Вуз (точное название) Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Кафедра Строительство

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заведующего кафедрой Строительство
(наименование кафедры)

Шибаевой Галины Николаевны
(фамилия, имя, отчество заведующего кафедрой)

Рассмотрев магистерскую диссертацию студента группы № 38-3
Жарченко Александра Валерьевича
(фамилия, имя, отчество студента)

выполненную на тему: Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний

по реальному заказу _____
(указать заказчика, если имеется)

с использование ЭВМ: _____
(название задачи, если имеется)

Зав. кафедрой Г.Н. Шибаева _____

«_____»_____ 2020 г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал СФУ
институт

Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н. Шибаева
подпись инициалы, фамилия

« ____» _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту: Жарченко Александру Валерьевичу
(фамилия, имя, отчество студента)

Группа 38-3 Направление (специальность) 08.04.01.03
(код)

«Теория и проектирование зданий и сооружений»
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний.
Утверждена приказом по университету № от _____ г. ,
Руководитель МД Д.Г. Портнягин к.т.н., доцент, каф., ХТИ – филиала СФУ
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для МД: тех.паспорт на строительный объект
Перечень разделов МД: Методология экспертной оценки железобетонных конструкций. Исследовательская часть. Анализ работы железобетонных конструкций зданий с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам. Программа испытаний здания на примере объектов Красноярского края.
Перечень графического или иллюстрационного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов _____
Руководитель МД _____ Д.Г. Портнягин
(подпись) (инициалы и фамилия)
Задание принял к исполнению _____ А.В. Жарченко
(подпись) (инициалы и фамилия студента)
«____»_____ 2020г.

АННОТАЦИЯ

на магистерскую диссертацию Жарченко Александра Валерьевича
(фамилия, имя, отчество)

на тему: Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний.

Актуальность тематики и её значимость – В работе проанализированы наиболее часто встречающиеся ошибки проектировщиков и строителей. В ней не рассматриваются аварийные ситуации, которые образуются уже в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Причина такого «невнимания» кроется собственно в том, что специалисты, занимающиеся эксплуатацией, допускают, как правило, всего две ошибки – перегрузку и переувлажнение несущих конструкций или грунтов основания. При этом эти ошибки нередко спровоцированы при не рациональной или неправильной конструкцией кровли; безграмотной вертикальной планировкой; неудовлетворительной прочностью конструкционных материалов; скрытым браком исполнителей строительных работ и т.д.

Качество оформления: Магистерская диссертация выполнена с высоким качеством на ЭВМ. Распечатка диссертации сделана на лазерном принтере использованием цветной печати для большей наглядности диаграмм, графиков и схем. Разработано согласно СТО 4.2.07-2014.

Оценка достигнутого результата: Цели и задачи магистерской диссертации были достигнуты и решены.

Освещение результатов работы: Результаты исследований изложены последовательно, носят конкретный характер и отражают все этапы исследования.

Степень авторства: Магистерская диссертация выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Автор магистерской диссертации _____ А.В. Жарченко
подпись (фамилия, имя, отчество)

Научный руководитель _____ Д.Г. Портнягин
подпись (фамилия, имя, отчество)

ANNOTATION

for master's thesis Zharchenko Alexander Valerievich

subject: Research and analysis of the work of reinforced concrete and stone structures of buildings with the development of a test program.

The relevance of the topic and its significance - The paper analyzes the most common mistakes of designers and builders. It does not consider emergency situations that are already formed during the operation of buildings and structures. The reason for this "inattention" lies in fact that the specialists involved in the operation, as a rule, make only two errors - overloading and overmoistening of supporting structures or base soils. Moreover, these errors are often provoked with a non-rational or incorrect roof design; illiterate vertical layout; poor strength of structural materials; hidden marriage of construction workers, etc.

Quality of registration: The master's thesis is performed with high quality on a computer. The dissertation was printed on a laser printer using color printing for greater visibility of diagrams, graphs and diagrams. Designed according to STO 4.2.07-2014.

Assessment of the achieved result: The goals and objectives of the master's thesis were achieved and solved.

Coverage of the results: The research results are presented sequentially, are specific and reflect all stages of the study.

The degree of authorship: The master's thesis was completed by me independently. The materials and concepts used in the work from published scientific literature and other sources have links to them.

The author of the master's thesis _____ A.V. Zharchenko

Scientific adviser _____ D.G. Portnyagin

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 8
1 Обзор научной информации 11
2 Методология экспертной оценки железобетонных конструкций 16
2.1 Мониторинг поведения железобетонных конструкций при коррозии арматуры 17
2.1.1 Основные выводы 19
2.2 Расчет величины физического износа 20
3 Исследовательская часть 22
3.1 Описание объекта 22
3.2 Конструкции несущих стен 23
Перекрытие первого этажа 24
Основания и фундаменты здания 24
4 Анализ работы железобетонных конструкций зданий с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам .. 26
4.1 Описание расчетных моделей 27
4.2 Результаты и обсуждение 31
4.3 Сравнение боковых смещений 32
4.4 Сравнение внутренних усилий 34
4.5 Выводы по расчетам 35
5 Китайский код GB50010-2010 (изменен в 2015 году) и Eurocode 2: различия и сходства в проектировании железобетонных конструкций 38
5.1 Основная информация 38
5.1.1 Справочная информация о GB50010-2010 38
5.1.2 Справочная информация по еврокодам 39
5.2 Сравнение свойств материалов в GB 50010-2010 и EC2 41
5.2.1 Бетон 41
5.2.1.1 Сравнение прочности на сжатие 41
5.2.1.2 Прочность на сжатие 42
5.2.2 Арматура 43
5.2.2.1 Сравнение прочности арматуры 43

5.3 Сравнение долговечности и предельного состояния в EC2 и GB50010-2010 45
5.3.1 Долговечность и бетонное покрытие 45
5.3.1.1 Код окружающей среды 45
5.3.1.2 Бетонное покрытие 46
5.3.2 Расчет по предельным состояниям 47
5.3.2.1 Расчет предельного состояния (ULS) 48
5.3.2.2 Сравнение предельного состояния работоспособности (SLS) 52
5 Выводы 54
6 Программа испытаний здания на примере объектов Красноярского края 56
6.1 Общие положения 56
6.2 Цель обследования, объект обследования 57
6.3 Состав работ 58
6.4 Диагностические показатели 63
6.5 Категории технического состояния конструкций и сооружения 64
6.6 Методы и средства обследования 65
6.7 Порядок работы исполнителя на объекте 66
6.8 Специальные мероприятия 67
6.9 Порядок представления отчетных материалов 68
6.10 Сроки выполнения работы 69
Выводы 70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 71

ВВЕДЕНИЕ

Статистика, начиная с 1980-х гг. демонстрировала, что более тридцати процентов аварий в строительстве происходило по вине строителей и монтажников. С огромным отрывом от них вторыми шли эксплуатационники, в след за ними идут работники стройиндустрии (поставщики материалов и изделий) и последними – проектировщики.

Предпосылки этого частично скрыты в разрушении старого отточенного подхода организации проектного дела (при которой довольно действенно и эффективно осуществлялся внутренний контроль качества проектных работ), в некоторой степени в острой нехватке квалифицированных конструкторов и проектировщиков, частично в снижении требований к уровню подготовки выпускников высших образовательных учреждений (из-за «совершенствования» учебных программ и увеличения нагрузки на преподавателей), в какой-то степени и в самой индустрии строительства, которая прекратила выпуск сложных сборных железобетонных конструктивных элементов, которые наиболее чувствительны к нарушениям технологической дисциплины.

С конца 1990-х гг. наибольший удельный вес в строительной индустрии занимает реконструкция существующих зданий и сооружений, которая неизбежно связана с ремонтом и усилением железобетонных и каменных конструкций. К сожалению, и в данном вопросе допускается множество ошибок вследствие непонимания физической сущности усиления. Научно-техническая литература, которая имеется, в большинстве своем представляет примеры усиления в графическом или же в описательном формате, детально не разъясняя принципов их работы [1].

Некоторые теоретические аспекты оценки различных видов износа бизнеса и активов, в том числе и строительной отрасли, представлены в трудах известных отечественных и зарубежных ученых, таких как Яскевич Е.Е., Юрков С.В., Кадинин В.М., Якупова Н.М., Григоренко С.В., Косорукова И.В., Асаул Н.В., Антилл Н., Эванс Ф., Кристофер З., Райли Р. и пр.

Без сомнения, рассмотренные научные труды внесли значительный вклад в изучение проблемы оценки износа. Несмотря на это, многие нюансы до сих пор не получили достаточно совершенного и полного системного подхода к решению. Концептуальные вопросы оценки функционального и экономического износа бизнеса, нематериальных активов, земельных участков считаются свежими направлениями в теории и практике деятельности по оценке.

В работе проанализированы наиболее часто встречающиеся ошибки проектировщиков и строителей. В ней не рассматриваются аварийные ситуации, которые образуются уже в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Причина такого «невнимания» кроется собственно в том, что специалисты, занимающиеся эксплуатацией, допускают, как правило, всего две ошибки – перегрузку и переувлажнение несущих конструкций или грунтов основания. При этом эти ошибки нередко спровоцированы при не рациональной или неправильной конструкцией кровли; безграмотной вертикальной планировкой; неудовлетворительной прочностью конструкционных материалов; скрытым браком исполнителей строительных работ и т.д.

Целью исследования является разработка концептуальных методик оценки износа железобетонных конструкций. Реализация поставленной цели потребовала решения следующих **задач**:

● Систематизировать виды дефектов и физического износа,

● Определить факторы износа зданий с ж/б конструкциями;

● Осуществить сравнительный анализ понятий «износ» и его видов в соответствие с Федеральными и Международными стандартами оценки в целях их унификации.

Научная новизна

1. Произведена систематизация видов физического износа зданий с ж/б конструкциями с позиции обобщения существующих классификаций и сущностных характеристик понятия износа;

2. Проведен анализ работы железобетонных конструкций на примере здания с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам;
3. На основе проведенного анализа международных стандартов проранжированы подходы к расчету железобетонных конструкций;
4. Предложена программа испытаний железобетонных конструкций.

Практическая значимость

Апробированы предложенные методологические концепции оценки износа бизнеса в работе компании ООО «Квазар» (г. Красноярск)

По материалам диссертационной работы опубликована статья в журнале по списку ВАК.

1 Обзор научной информации

Вопросы ремонта и усиления в условиях современной действительности являются весьма актуальными, поскольку на сегодняшний день многие из эксплуатируемых зданий и сооружений имеют дефекты и повреждения, требующие проведения мероприятий по ух ремонту и усилению. Такой категории зданий и сооружений становится все больше и больше, как в промышленной отрасли, так и в коммунальном хозяйстве. Работы ученых представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Обзор состояния исследований по теме работы

Автор	Наименование работы	Результаты исследования
В.В. Габрусенко статья	Об усилении каменных стен зданий при неравномерных деформациях основания	Рассмотрены основные методики усиления каменных стен зданий и сооружений при неравномерных деформациях основания [2].
В.В. Габрусенко научные труды	К расчету усиления железобетонных колонн железобетонными обоймами при осевом сжатии	Рассмотрены способы усиления железобетонных колонн железобетонными обоймами при осевом сжатии [3].
В.В. Габрусенко статья	Усиление пустотных плит, ослабленных отверстиями	Рассмотрены особенности проектирования плит со смешанным армированием [4].
В.В. Габрусенко научные труды	Кризис в строительстве как повод критически оценить построенное	Рассмотрен вопрос снижения качества проектирования в период строительного бума в России [5].
Е.Е. Яскевич статья	Мониторинг прибыли предпринимателя и внешнего износа для объектов недвижимости	Проведен подробный мониторинг с целью современной переработки данных о разных величинах прибыли предпринимателя и

	на территории Российской федерации	внешних износов в зависимости от месторасположения объектов недвижимости на территории субьектов Российской Федерации [6].
Н.М. Якупова статья	Оспаривание кадастровой стоимости объектов недвижимости в Республике Татарстан	Рассмотрены понятия кадастровой стоимости и рыночной стоимости, методы оценки земельных участков, динамика количества дел об оспаривании кадастровой стоимости [7].
В. В. Гурьев статья	Современная нормативная база по мониторингу технического состояния зданий и сооружений	Представлена классификация технического состояния зданий и сооружений, приведены определения категорий их состояния [8].
А.А. Живаев статья	Корреляционный анализ показаний датчиков системы мониторинга строительного объекта	Представлен корреляционный анализ показаний датчиков системы мониторинга строительного объекта [9].
Р. Капценбах статья	Основные принципы проектирования и мониторинга высотных зданий Франкфурта-на-Майне. Случаи из практики	Приводятся основные принципы расчета, проектирования и мониторинга комбинированных плитно-свайных фундаментов (КПСФ). На примере таких ответственных зданий, как Мессе-Торхаус, Мессетурм во Франкфурте-на-Майне показана эффективность применения

		КПСФ для высотных зданий [10].
М.А. Коргина диссертация	Оценка напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений в ходе мониторинга их технического состояния	Разработана эффективная методика оценки влияния неравномерных деформаций оснований на техническое состояние несущих конструкций сооружений по результатам периодического мониторинга, в состав которого входят выборочное обследование технического состояния конструкций сооружения [11].
Т.В. Ли статья	Применение GPS для мониторинга объектов при строительстве и эксплуатации	Рассмотрено применение спутниковых технологий в современных условиях для диагностики и мониторинга объектов при строительстве и эксплуатации [12].
С.Л. Серегин статья	Неземное лазерное сканирование как новейшая система мониторинга геометрических параметров для оценки безопасности строительных объектов	Мониторинг технического состояния зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строек и природно-техногенных воздействий, отслеживание и фиксирование процессов, протекающих в конструкциях объектов, для своевременного обнаружения и прогноза развития негативных ситуаций, а так же для принятия мер по их устранению [13].

В.В. Леденев, В.П. Ярцев учебное пособие	Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений	Модельное диагностирование на модельных образцах, элементах конструкций или с помощью математических моделей. При этом оценивается влияние эксплуатационных, технологических, конструкционных или особых факторов на работоспособность отдельных конструкций, узлов сопряжений, системы в целом; разрабатываются инженерные решения по эффективному регулированию НДС на прогнозируемый период [14].
Лин Х., Зонг З., Ниу Дж. статья	Оценка методом конечных элементов на основе структурного мониторинга состояния	Объединение статистического анализа в инженерной практике в структурную оценку. Представлен метод обновления и валидации модели конечных элементов (FE) для мостовых конструкций, основанный на мониторинге состояния конструкций [15].
А.Д Бабаян статья	Геотехнический мониторинг зданий и сооружений	Статья посвящена системе геотехнического мониторинга, позволяющая своевременно фиксировать малейшие тенденции отклонения от исходного состояния конструкций

		охраняемых сооружений и оперативно предотвращать возможные негативные последствия [16].

2 Методология экспертной оценки железобетонных конструкций

В соответствии с классификатором основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов, дефекты подразделяются на:

Критический дефект (при выполнении СМР) – «дефект, при наличии которого здание, сооружение, его часть или конструктивный элемент функционально непригодны, дальнейшее ведение работ по условиям прочности и устойчивости небезопасно, либо может повлечь снижение указанных характеристик в процессе эксплуатации».

Критический дефект (при производстве конструкций и изделий) – «дефект, при наличии которого изделие, конструкция функционально непригодны и его использование может повлечь потерю или снижение прочности, устойчивости, надежности здания, сооружения, его части или конструктивного элемента».

Значительный дефект – «Дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим».

Значительный дефект подлежит устранению до скрытия его последующими работами. При этом дефектом является каждое единичное отступление от проектных решений или неисполнение требований норм».

Определения дефектов приняты на основе ГОСТ 15467-79 "Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения" в рамках установленных границ понятий.

Дефект – каждое отдельное несоответствие конструкций какому-либо параметру, установленному проектом или нормативным документом.

Дефектное изделие — это изделие, имеющее хотя бы один дефект.

В ходе проведения экспертизы выявленные дефекты квалифицировались как значительные.

Критических дефектов не зафиксировано.

Значительный дефект подлежит устранению до скрытия его последующими работами. При этом дефектом является каждое единичное отступление от проектных решений или неисполнение требований норм».

На основании данных, полученных в результате проведенной экспертизы, в целом, техническое состояние несущих и ограждающих конструкций здания, в соответствии с положениями СП 13-102-2003, оценивается как работоспособное.

2.1 Мониторинг поведения железобетонных конструкций при коррозии арматуры

Проблема долговечности железобетонных конструкций из-за коррозии стальной арматуры имеет важное значение. В нормативных документах приведены рекомендации и меры безопасности для предотвращения коррозии. Имеются многочисленные исследования механизма коррозии, предотвращения коррозии и измерения скорости коррозии. Представлены модели для прогнозирования времени начала коррозии на основе скоростей диффузии газа CO_2 и/или ионов Cl^-. Время от появления коррозии до коррозионного растрескивания в основном зависит от скорости коррозии после выявления коррозии. Увеличение скорости диффузии ионов Cl^- к стальной арматуре ускоряют развитие коррозии. Следовательно, железобетонная конструкция с трещинами начинает коррозию быстрее, чем конструкция без трещин. Также после начала коррозии скорость коррозии зависит от наличия кислорода и влаги.

В литературе имеется мало информации о влиянии наличия трещин на скорость коррозии после того, как произошла коррозия. Образцы, имеющие трещины, имеют более низкое электрическое сопротивление и более высокую скорость диффузии кислорода и влаги в бетон, что увеличило бы скорость коррозии. Влияние увеличения коррозионной активности на потерю массы стали изучено не достаточно подробно. При этом влияние коррозии на характеристики сцепления между сталью и бетоном было исследовано многими исследователями. Несмотря на большой разброс данных,

представленных этими исследователями, большинство результатов испытаний показали, что прочность сцепления первоначально увеличивалась с увеличением коррозия и затем непрерывная потеря сцепления арматуры с бетоном наблюдалась после коррозионного растрескивания. В большинстве исследований, касающихся влияния коррозии на прочность балки, коррозия была выявлена по всей длине балки, так что это уменьшило способность сцепления стальных арматурных стержней. Следовательно, необходимы исследования для выяснения взаимосвязи между степенью коррозии, шириной коррозионной трещины и несущей способностью при наличии нагрузки на конструкции. Результаты позволят получить данные о моделях прогрессивной потери прочности и работоспособности, вызванных коррозией стальной арматуры, для прогнозирования сроков службы поврежденных конструкций.

Чтобы предсказать функциональный срок службы корродированных конструкций, особенно важно выяснить, как изменяется поведение балки по мере развития коррозии. Поэтому проанализированы результаты серии испытаний, предназначенных для исследования комбинированного влияния коррозии и нагрузок на конструкционные характеристики балок. Его цель - помочь экспертам правильно оценить состояние существующих конструкций и/или оценить остаточный срок службы корродированных ж/б конструкций.

Каждый образец имел длину 3200 мм и поперечное сечение 152 х 254 мм. Арматура диаметром 15 мм располагается в зоне растяжения и два стержня диаметром 8 мм в зоне сжатия. Некоторые образцы были покрыты антикоррозийной эпоксидной смолой для защиты от коррозии.

Свойства материала

Бетон, использованный в этом исследовании, был поставлен местным производителем бетона. В бетонной смеси использовали обычный портландцемент М400Д20, песок фракцией 0-5 мм и ПГС фракцией 5-20 мм. Весовые пропорции бетонной смеси были следующими (соотношение цемент/песок/гравий/ВЦ: 1/1,98/2,8/0,55). Пропорции бетонной смеси были одинаковыми для всех образцов. Прочность на сжатие в возрасте 28 суток

составляла в среднем 40 МПа с соответствующими стандартными отклонениями 1,5 МПа.

Нагрузка была выполнена с помощью загружения конструкций подручными материалами.

Трещины, вызванные нагрузкой, образуются в направлении, перпендикулярном нейтральной оси балки. Типичная картина трещин после нагрузки показана на рис. 3. Ширина трещины составляла в среднем 0,15 мм, тогда как среднее расстояние между трещинами составляло приблизительно 100 мм.

После воздействия коррозии образцы были испытаны на определение несущей способности. Нагрузку прикладывали поэтапно.

Коррозионные трещины образуются в направлении, параллельном корродирующим стальным арматурным стержням. Первая видимая коррозионная трещина наблюдалась в среднем приблизительно через 5 лет. Когда образцы загружались во время коррозионного воздействия, трещины увеличивали проникновение кислорода и влаги в бетон.

2.1.1 Основные выводы

1. Постоянная нагрузка, которая соответствовала приблизительно 60% максимальной нагрузки балки, привела к ширине раскрытия трещины 0,15 мм и среднему расстоянию между ними 100 мм.

2. Наличие нагрузки и связанных с ней трещин во время коррозионного воздействия ускорило появление первой видимой коррозионной трещины.

3. Время от начала коррозии до коррозионного растрескивания уменьшилось примерно на 44%, когда балки подвергались коррозии под действием постоянной нагрузки

4. Скорость увеличения ширины коррозионной трещины для нагруженной конструкции была приблизительно на 22% выше, чем для незагруженной в течение одного года воздействия коррозии. Затем скорость снижалась и была почти одинаковой как для загруженных, так и для незагруженных балок, пока испытание не закончилось через 5 лет.

Максимальная ширина коррозионной трещины, измеренная в балках, подверженных коррозии без нагрузки, составляла 0,9, 1,2, 2,3 и 2,9 мм при испытании через 2; 2,5; 3,5; 4 и 5 лет после начала эксплуатации.

5. Коррозия стальной арматуры снизила несущую способность балок. Уменьшение прочности балки было почти пропорционально уменьшению площади поперечного сечения стали из-за коррозии.

6. Наличие трещин из-за постоянной нагрузки несколько увеличило снижение потери массы стали и, следовательно, снижение прочности балки в течение первых 3 лет воздействия коррозии.

2.2 Расчет величины физического износа

Расчет величины физического износа производится с учетом возраста и данных визуального осмотра;

Оценка степени физического износа конструктивных элементов и здания в целом производилась в соответствии с правилами оценки физического износа жилых зданий [ВСН 53-86 (р)] и методика определения физического износа гражданских зданий с точностью до 5–10%.

На момент исследования при сопоставлении признаков физического износа характеристикам технического состояния укрупненной шкалы физического износа техническое состояние здания оценивается как – «хорошее», физический износ при укрупненном расчете составляет не более 20 %.

На основании данных, полученных в результате проведенной экспертизы, техническое состояние несущих и ограждающих конструкций здания, в соответствии с положениями СП 13-102-2003, оценивается как работоспособное – т.е. некоторые из оцениваемых характеристик не отвечают требованиям норм и стандартов, но при этом дефекты не приводят к нарушению работоспособности, и несущая способность обеспечивается.

Сохранение данного административного здания не нарушает права и охраняемые интересы других лиц и не создает угрозу жизни и здоровью граждан. Критических дефектов не зафиксировано.

Согласно методике определения физического износа гражданских зданий техническое состояние здания оценивается как – «хорошее».

В настоящее время безопасная эксплуатация здания, с учетом его технического состояния, возможна.

Для приведения технического состояния в «исправное» рекомендуем выполнить следующие ремонтные работы:

– выполнить усиление элементов стропильной системы конструкций крыши;

– восстановить гидроизоляционное покрытие деревянных конструкций;

– выполнить ремонт участков кирпичной кладки имеющих незначительный объем повреждений;

– установить отливы по периметру кирпичного пояса либо увеличить карнизные свесы крыши;

– восстановить отмостку.

3 Исследовательская часть

Экспертиза производилась методом измерительного контроля качества выполненных работ.

3.1 Описание объекта

Объект расположен в промзоне на огороженной территории и представляет собой одноэтажное этажное кирпичное нежилое здание без подвала имеющее форму, приближенную к квадрату с размерами в плане 9,92 х 9,28 м с высотой этажа 3,55 м. По стенам первого этажа выполнена надстройка второго этажа из бруса, высота второго этажа составляет 2,9 м. Фото объекта приведено в приложении А

При оценке технического состояния здания установлено:

Кровля – выполнена из волнистого асбоцементного листа по деревянной обрешетке и стропилам. Конструкция крыши двухскатная, чердачная.

На деревянных конструкциях очагов образования грибка и других признаков гниения, не зафиксировано.

При осмотре выявлено что, на отдельных участках подкосы стропильной системы не имеет прочного сопряжения:

– брусчатые стойки и стропильные ноги опираются неполной поверхностью торцевых плоскостей опор – зафиксированы зазоры до 5 мм.;

– крепление несущих конструкций не выполнено или выполнено гвоздями, а не скобами и болтами, как это требуется.

Выявленные недостатки стропильных конструкций не соответствует требованиям СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции:

● Имеются сквозные щели.

● Не плотное примыкание торцов сопрягаемых конструкций.

● Зазора в стыках превышает 1 мм.

Прогибов и деформаций несущих конструкций в ходе осмотра не зафиксировано (фото № 1, приложения А).

Покрытие асбоцементного листа сплошное, протечек с внутренней стороны не зафиксировано.

Выводы:

В целом состояние конструкции кровли оценивается как «работоспособное», требуется произвести усиление узлов крепления деревянных конструкций стропильной системы.

3.2 Конструкции несущих стен

Наружные стены первого этажа здания кирпичные, оштукатуренные с двух сторон.

Толщина стен вместе со штукатурным слоем составляет 600 мм.

При внешнем осмотре стен зафиксировано наличие косых трещин в углу здания, шириной до 3 мм. (фото № 2,4 – 6).

Других деформаций не зафиксировано.

На участках опирания деревянных конструкций лестницы зафиксировано непосредственное примыкание деревянных конструкций к кирпичной кладке (Фото № 3); что не соответствует требованиям СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции - «5.6. При контакте деревянных конструкций с кирпичной кладкой, грунтом, монолитным бетоном и т.п. до начала монтажа необходимо выполнить предусмотренные проектом изоляционные работы».

Состояние конструкции кирпичных стен оценивается как «работоспособное», однако необходимо произвести ремонт кирпичной кладки.

На участке опирания деревянных стен второго этажа на кирпичные стены выполнен кирпичный пояс, плоскость которого выступает над плоскостью стен первого и второго этажа.

При осмотре стен под поясом зафиксировано наличие потеков, образующихся вследствие замачивания кирпичного пояса атмосферными осадками (фото № 6).

Для предотвращения замачивания кирпичных стен первого этажа необходимо выполнить отливы либо увеличить карнизные свесы крыши.

На втором этаже стены выполнены из деревянного бруса сечением 150х150 мм по периметру кирпичных стен первого этажа.

С внешней стороны деревянные стены второго этажа защищены панелями ПВХ (сайдинг). Стены бруса с простыми горизонтальными швами с соединением брусьев в пол дерева с установкой шипов.

При контроле двухметровой рейкой стен отклонений от вертикали не зафиксировано.

Состояние конструкции несущих стен второго этажа оценивается как «исправное».

Выводы:

Состояние конструкции несущих стен первого и второго этажей оценивается как «работоспособное».

Перекрытие первого этажа

Выполнено из сборных железобетонных плит.

Опирание перекрытия осуществляется на несущие стены.

Трещин и прогибов плит перекрытия не зафиксировано.

Для обеспечения прохода в надстроенные помещения второго этажа в подсобном помещении № 1 демонтированы две части поперечных плит перекрытия длинной 1,7 м. Оставшиеся элементы плиты перекрытия опираются на несущую кирпичную стену (фото № 7, 8).

Перекрытие второго этажа выполнены из деревянных конструкций размером 150 х 50 мм, с шагом 1 м.

В ходе осмотра прогибов и других деформаций перекрытия не зафиксировано.

Вывод:

Состояние перекрытий оценивается как «исправное».

Основания и фундаменты здания

Представляют собой сплошную бутобетонную ленту.

Трещин и других признаков осадочных деформаций в конструкциях фундамента здания не зафиксировано (фото № 9-11).

При осмотре отмостки зафиксировано наличие трещин и приподнятые кромки, что является нарушением целостности бетонной конструкции и не соответствует требованиям СНиП III-10-75, вопреки которым отмостки к цоколю здания примыкают не плотно.

Целостность отмостки зданий влияет на сохранность и долговечность конструкций фундаментов и полов выполненных по грунту.

Вывод:

Состояние конструкции фундамента оценивается как «работоспособное».

4 Анализ работы железобетонных конструкций зданий с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам

В крупных городах имеется тенденция выделять первый этаж высотных зданий для парковки или зоны общественного обслуживания. Такое решение набрало популярность по всему миру, особенно в городах, где стоимость земли непомерна или где земля является дефицитной. Такая задача обычно решается путем удаления наружных стен, которые окружают здание, таким образом, снижая жесткость и создавая так называемый «мягкий этаж». При этом мягкий этаж может быть расположен в средние этажи. Однако, поскольку Хакасия и юг Красноярского края находятся в сейсмически активной зоне, поэтому становится актуальной задачей проверка надежности в сейсмических условиях. Кроме того, обычно фасады зданий заполняют кирпичной или каменной кладкой из ячеистого бетона, поэтому задача сейсмической оценки становится еще более актуальной. Согласно иностранным нормативным требованиям IBC 2003 [33], мягкий этаж определяется как этаж, в котором боковая жесткость составляет менее 70 процентов от значения над ним. Строительные нормы и правила, а также инженерная практика практически не регламентируют конструктивное моделирование. Трехмерные модели с комплексным сейсмическим анализом до сих пор не являются обязательной практикой. Это несмотря на то, что 2D модели являются в лучшем случае приблизительными. Колонны в мягком этаже подвержены особым воздействиям в связи с тем, что верхняя структура будет вести себя как один жесткий блок, воспринимающий большую часть боковых сил. Это происходит в результате поглощения энергии, которое происходит в нижней гибкой части здания с небольшим поглощением в жесткой части выше. Концентрация сил и требования к поглощению энергии делают конструкцию таких элементов весьма восприимчивой по своей природе. Поведение любой конструкции, включая ее смещение, является функцией от ее сейсмических свойств, а именно ее массы и жесткости. Основным индикатором в этом случае является массив модальных частот и

форм мод, которые, в связи с характером возбуждения земли, предопределяют возникающий структурный отклик. Конструктивные решения каркаса могут различаться по форме, форме и распределению массы как в боковом, так и в вертикальном направлениях. В некоторых зданиях, в соответствии с местными нормативными актами, также должны иметь место резкие вертикальные сбои. Как прямой результат всего этого, силы распределяются неравномерно, а напряжения и прогибы никогда не бывают одинаковыми, и могут существенно различаться по величине. Это подчеркивает необходимость тщательного исследования. Таким образом, элементарный анализ двумерных моделей или даже неполный анализ трехмерных моделей может привести к ошибочным результатам.

4.1 Описание расчетных моделей

Выбрана семиэтажная симметричная железобетонная конструкция (Рисунок 4.1.1). На каждом этаже по две жилые единицы с лестницей между ними. Первый этаж здания – это стоянка. Здание состоит из железобетонного каркаса с заполнением кладки стен. Для простоты предполагается, что колонны во всех выбранных моделях жестко заделаны в основании, поскольку влияние типа фундамента не является предметом настоящего исследования. Здание расположено в сейсмическом районе (г. Канск Красноярского края), с указанием расчетной сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий и трех степеней сейсмической опасности - A (10%), B(5%), C(1%) в течение 50 лет 6, 6 и 8 баллов соответственно. Для целей данной презентации текущая нагрузка принимается равной 3 кН/м2, а нагрузка на пол при отделке пола принимается равной 1,5 кН/м2. Ветровая нагрузка не учитывается, поскольку она не имеет отношения к предполагаемому исследованию. В исследовании принят спектр отклика по европейским стандартам IBC 2003 с коэффициентом демпфирования 5%. Расчетное ускорение спектрального отклика при коротком периоде Sds и в течение одного секунды Sd1 предполагается равным 0,333g и 0,133g соответственно. Вес блока для бетона и каменной кладки принимается равным

25 кН/м3 и 20 кН/м3 соответственно. Модуль упругости бетона принимается равным 28 500 МПа, а модуль кладки – 3500 МПа. Коэффициент Пуассона как для бетона, так и для кладки принимается равным 0,2. Общая высота здания 21 метр, длина 21 метр, ширина 12 метров. Общая компоновка поддерживается как можно более симметричной и регулярной, чтобы сосредоточить внимание на эффекте распределения стенки заполнения. Под регулярной структурой понимается та, в которой существует минимальная связь между боковыми смещениями и вращениями, связанными с более низкими частотами системы. Численные модели построены с использованием Ansys. Исследованы девять численных различных моделей (Рисунок 4.1.2); они различаются по распределению стен заполнителя и свойствам материала стенки. Модели описываются следующим образом:

Модель 1: Голая рама для всех уровней

Модель 2: стены с заполнением 15 см на всех уровнях, но на уровне мягкого этажа стены не включены. Оконные проемы предполагаются небольшими, поэтому ими пренебрегают,

Модель 3: 15 см заполнить неармированные стены на всех этажах. На первом этаже несколько боковых стенок.

Модель 4: То же, что в 2, но усиленные стены включены, чтобы действовать как стены диафрагмы жесткости.

Модель 5: То же, что и в 2, но колонны первого этажа сделаны значительно более жесткими (60 x 60 см).

Модель 6: То же, что и на фиг.2, но в поперечном направлении есть одна стена диафрагмы жесткости в мягком этаже, две стены диафрагмы жесткости в вышеописанном этаже и три стены диафрагмы жесткости в третьем этаже, в то время как в длинном направлении мягкий этаж имеет одну стену диафрагмы жесткости второй этаж имеет три стены диафрагмы жесткости, а третья имеет 5 стен диафрагмы жесткости. Таким образом, представляя постепенное увеличение жесткости.

Модель 7: То же, что и в 2, но на уровне мягкого этажа введена стена диафрагмы жесткости, соответствующая сердцевине в четырех направлениях.

Модель 8: То же, что в 1, но ввод шахты лифта из железобетонной стены 20 см в четырех направлениях в центральной части здания.

Модель 9: То же, что 4, но дополнительные стены - это усиленные стены, но с каменной облицовкой. Камни добавляют массу без значительного увеличения жесткости.

Задачей исследования поставлен анализ поведения каркаса и определить методологию проектирования конструкций с мягким этажом. В нем также делается попытка указать схему, которая вводит сбалансированное распределение стен панелей между первым этажом и нижним мягким этажом, чтобы избежать резких изменений в жесткости, которые оказывают серьезное влияние на жесткость.

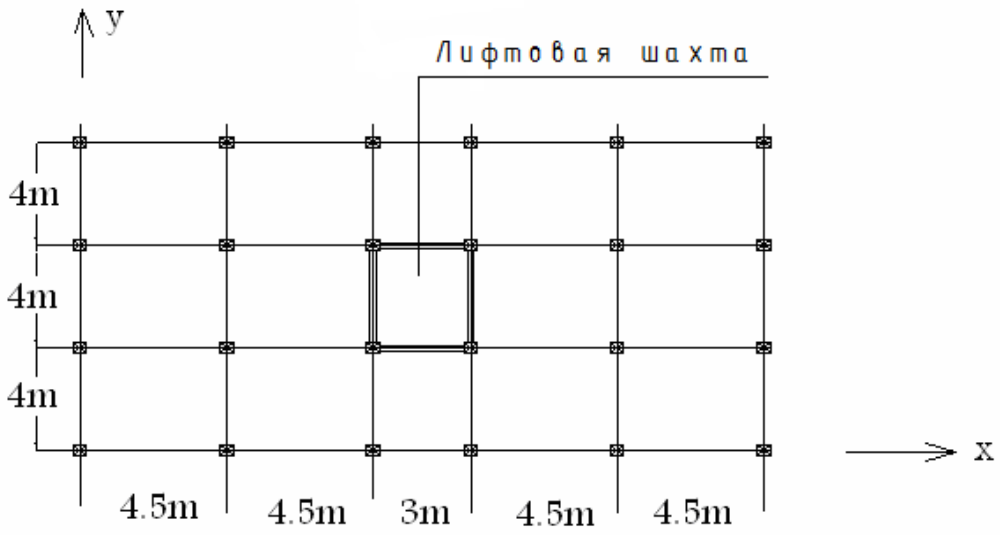


Рисунок 4.1.1 – Схема этажей

При построении различных численных моделей, за исключением модели 5, предполагается, что все колонны имеют квадратное поперечное сечение 40 x 40 см; сплошные плиты и стены моделируются как элементы пластины толщиной 20 см, опирающиеся на неразрезных балках сечением 40 x 40 см. Балки и колонны моделируются как элементы рамы. Плиты и стены моделируются как элементы пластины.

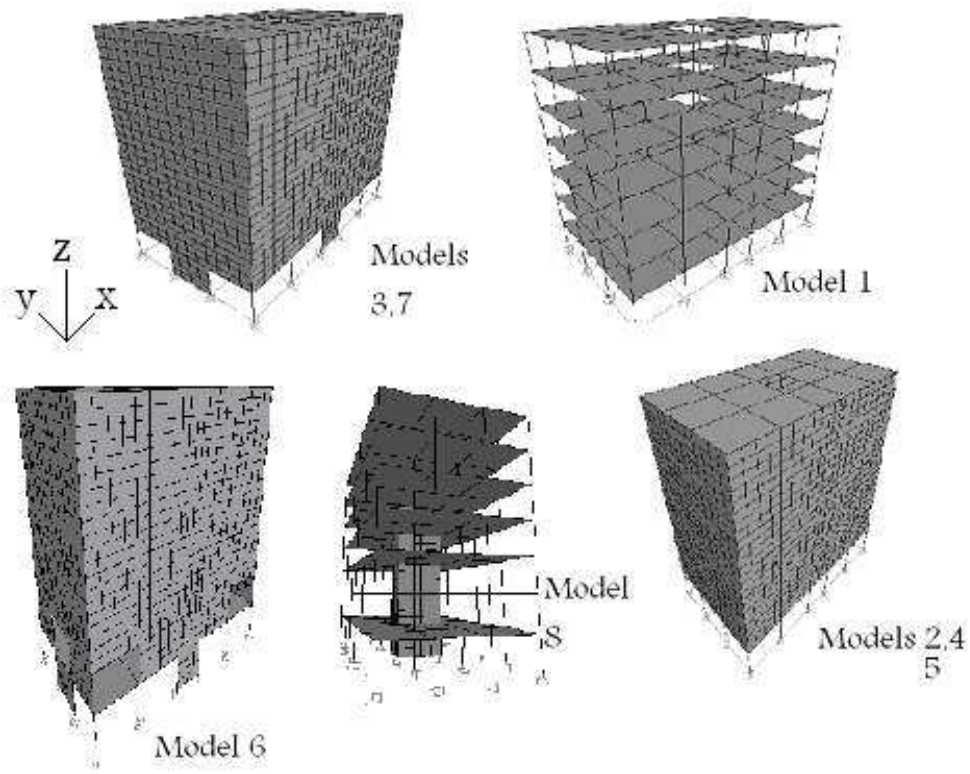


Рисунок 4.1.2 – Принципиальные схемы для девяти учебных моделей.

Лестница моделируется как часть системы крыши или пола здания. Это сделано для того, чтобы устранить любое наведенное скручивание и сохранить конструкцию максимально симметричной. Кроме того, моделируются только элементы, имеющие первостепенное значение для структурного поведения. Оконные проемы предполагаются малыми по отношению к общей площади стен, поэтому они не включены, так как они не имеют заметного влияния на общее поведение конструкции [6]. Опоры на базе назначаются жесткими заделками. Поскольку полный проект не является целью исследования, то расчет проведен без учета на трещиностойкость. Конструкционный материал предполагает изотропность и линейность. На рисунке 1 показан общий план расположения здания, использованного в исследовании. Кирпичные стены без арматурных стержней моделируются как способствующие увеличению массы конструкции и не обеспечивающие

пластичности. Соответствующая сетка всех элементов оболочки была создана для обеспечения сходимости решения.

4.2 Результаты и обсуждение

В таблице показано сравнение первых трех модальных периодов, направлений и массового коэффициента участия, полученных в результате анализа численных моделей. Понятно, что кодовое выражение для периода не делает различий между значениями периода в разных направлениях. Сравнивая модель 4 с моделью 9, легко заметить, что добавление каменной стены увеличило период вибрации, таким образом уменьшило соответствующую основную частоту. Это связано с заметным увеличением массы без эффективного увеличения жесткости.

Таблица 4.2.1 – Табличное сравнение основных периодов для выбранных моделей

% модели	1 модальный период			2 модальный период			3 модальный период		
	T (c)	Направление	Массовый коэффициент участия	T (c)	Направление	Массовый коэффициент участия	T (c)	Направление	Массовый коэффициент участия
1	0.90	Uy	0.83	0.88	Ux	0.83	0.79	Rz	0.83
2	0.56	Uy	0.94	0.49	Ux	0.98	0.43	Rz	0.99
3	0.48	Uy	0.88	0.41	Ux	0.94	0.30	Rz	0.95
4	0.47	Uy	0.99	0.43	Ux	0.99	0.39	Rz	0.99
5	0.44	Uy	0.85	0.35	Ux	0.90	0.29	Rz	0.94
6	0.36	Uy	0.79	0.35	Rz	0.98	0.31	Ux	0.85
7	0.41	Uy	0.77	0.32	Ux	0.84	0.22	Rz	0.83
8	0.53	Ux	0.73	0.50	Rz	0.86	0.45	Uy	0.73
9	0.5	Uy	0.99	0.4	Ux	0.99	0.4	Rz	0.99

	0			6			3		

Модель 1 наиболее нереалистична, но наиболее часто принимается проектировщиками, имеет самое большое отношение массы к жесткости, следовательно, самый большой период. Это обеспечивает почти равные периоды в обоих направлениях с коэффициентом участия массы 0,83 для первых трех мод. Требуется дополнительные расчеты для достижения требуемого коэффициента массового участия 90%. В то время как усиленные стены придают существенную жесткость конструкции, обычные перегородки придают небольшую жесткость. Показано, что усиленные стены заполнения в верхних этажах в сочетании с некоторыми боковыми усиленными стенами на первом этаже обеспечивают лучшую альтернативу с точки зрения сильной вибрации.

4.3 Сравнение боковых смещений

Для облегчения сравнения боковой деформации выбранных систем для первых восьми моделей построены графики смещения уровня этажа в продольном и поперечном направлениях в зависимости от высоты, причем все они нанесены на один график. Они представлены на рисунке 4.3.1 и рисунке 4.3.2. Видно, что модель 1 имеет наибольшее смещение. Следовательно, она имеет наименьшую жесткость. Первое смещение этажа, которое является наиболее резким показано в моделях 2, 3 и 4, после чего следует плавное распределение смещения. Это модели с мягким этажом и нерегулярным распределением жесткости. Профили смещения Гентлера для всех моделей отмечены в моделях с равномерным распределением жесткости, таких как модели 5, 6 и 7. Модель 8 повторяет модель 1, но с меньшим количеством смещений. Модели 1 и 8 имеют почти линейное изменение смещения, в отличие от других моделей, подразумевая, что допущение о линейном изменении смещения приемлемо только в том случае, если преобладает равномерное распределение жесткости по высоте здания. Модель 6 имеет небольшое смещение первого этажа примерно на 15% по сравнению с

моделью 3. Это означает, что критическое смещение может быть эффективно уменьшено, если жесткость первого этажа будет приведена в пределах предыдущей модели. Аналогичный вывод проявляется из профилей смещения в продольном направлении здания.

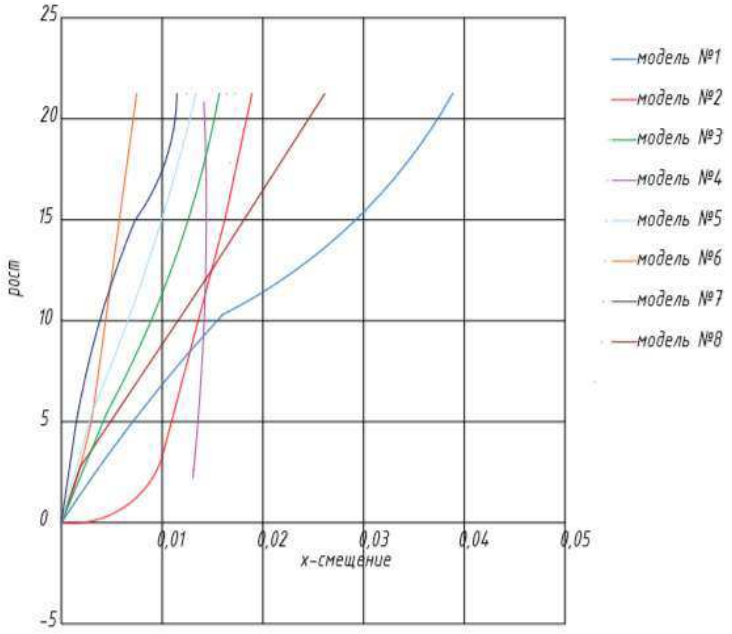


Рисунок 4.3.1 – Смещение в поперечном направлении по отношению к высоте (единицы в метрах)

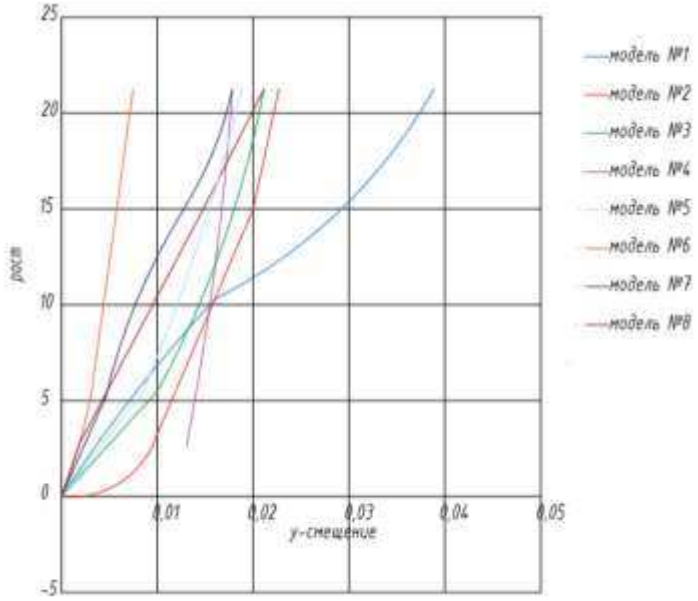


Рисунок 4.3.2 – Смещение в продольном направлении по отношению к высоте (единицы в метрах)

4.4 Сравнение внутренних усилий

Для полноты анализа целесообразно сравнить моментные и поперечные усилия в строительных колоннах мягкого этажа во всех моделях. Гистограммы на рисунке 4.4.1 и рисунке 4.4.2 показывают соответствующие значения. Анализ графиков показывает, что нет существенной разницы в поведении между продольным и поперечным направлениями в отношении распределения силы диафрагмы жесткости (Рисунок 4.4.1-4.4.3). Осевые силы, однако, немного больше в поперечном направлении, чем в продольном направлении.

Модели со 2 по 7 почти одинаковы в увеличении потребности в силе по сравнению с моделью 1. Однако с включением лифтовой шахты на первом этаже усилие диафрагмы жесткости для колонн значительно снижаются.

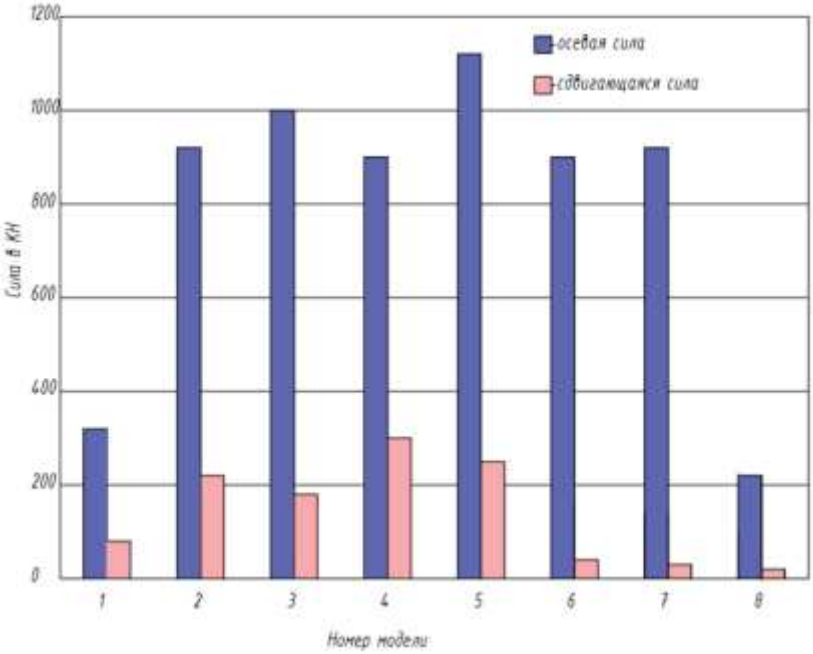


Рисунок 4.4.1 – Усилия в типовой угловой колонне на первом этаже в направлении x

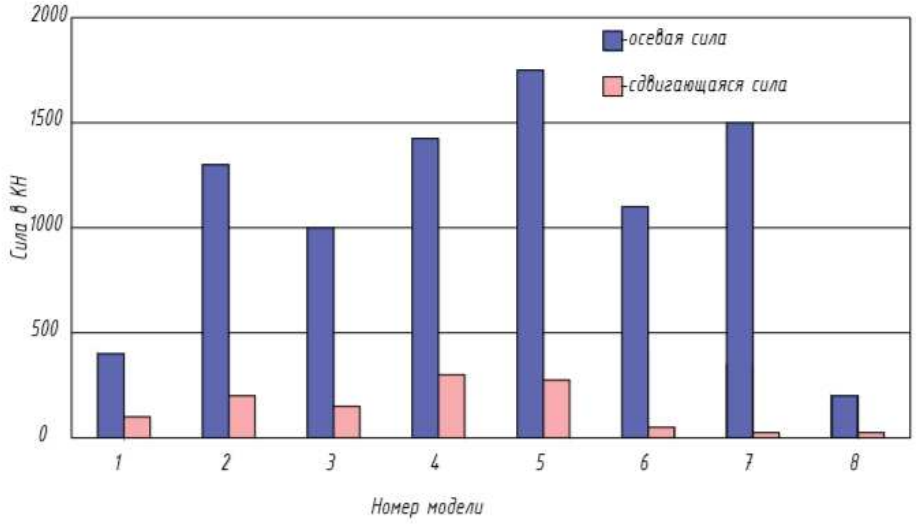


Рисунок 4.4.2 – Усилия в типовой угловой колонне на первом этаже в направлении у

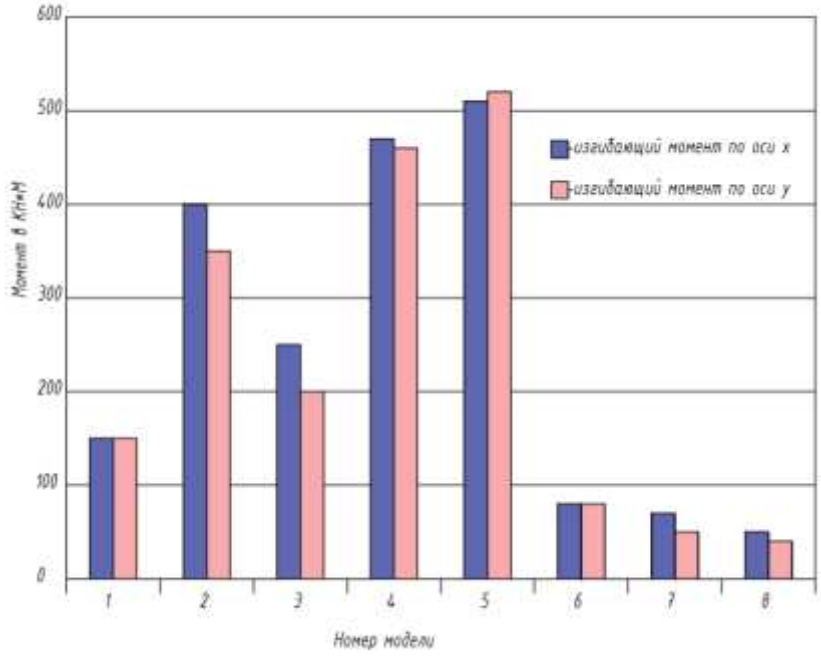


Рисунок 4.4.3 – Изгибающий момент в угловой колонне в поперечном и продольном направлениях

4.5 Выводы по расчетам

Железобетонные многоэтажные здания с каменными фасадами и мягким этажом становятся особенностью крупных городов. Они будут продолжать набирать популярность и будут чаще проектироваться в течение долгих лет.

Поэтому важно, чтобы выбранная конструктивная система была тщательно исследована и хорошо понятна с точки зрения динамического поведения, поскольку район строительства подвержен землетрясениям. Это также связано с тем, что стандартная практика - определять каменные фасады стен без армирования на рамной конструкции. В результате проведенного расчета и анализа определено, что добавление неармированной кладочной стены оказывает неблагоприятное влияние на отклик конструкции из-за резкого заметного снижения ее основной частоты. При этом требуется оставить первый этаж только с колоннами с витражным заполнением наружных стен. Посредством тщательного анализа и приведенных примеров показано, что такое жилое здание с указанной конструктивной системой, является уязвимым, которое не поддается увеличению основной частоты и уменьшения изгибающего момента в колоннах мягкого этажа. Кроме того, результаты анализа указывают на то, что резкое изменение жесткости яруса является причиной внезапного изменения смещения, что обусловливает большую потребность в прочности для колонн первого этажа. Следует отметить, что разрушение таких зданий является катастрофическим. Крайне важно, чтобы изменение жесткости между нижним мягким этажом и верхними этажами было постепенным и никогда не было резким. Это должно регулироваться путем манипуляций со смещением стен.

5 Китайский код GB50010-2010 (изменен в 2015 году) и Eurocode 2: различия и сходства в проектировании железобетонных конструкций

Основное внимание уделяется сравнению двух кодов в отношении конечного предельного состояния (ULS) и предела работоспособности, состояние (SLS), а также требования к долговечности. Кроме того, спецификации материалов с использованием обоих кодов в отношении кривых напряжения-деформации, классов прочности и т. д.

Многие страны, в том числе и Россия, принимают Еврокоды в качестве стандартов проектирования железобетонных конструкций, в дополнение к европейским странам и Великобритании для своих национальных местных проектов. Некоторые китайские компании, работающие над международными проектами, также используют еврокоды в качестве эталона. Тем не менее, из-за различий в районах строительства, проекты для еврокодов и китайских кодов следуют аналогично, но разным рекомендациям. Кроме того, Еврокод считается относительно передовым стандартом проектирования и широко применяется (в том числе в Европе и некоторых странах Африки и Азии). Следовательно, сравнение стандартов проектирования с использованием двух кодов представляет интерес для инженеров-практиков, работающих в международных проектах. Дается обзор конкретного проекта для соответствующих кодов как в Китае, так и в Европе, с акцентом на сравнение двух стандартов в части проектирования бетонных конструкций (EN1992-1-1 и EN1992-2 для Eurocode и GB50010-2010 для Китайского стандарта) [34].

5.1 Основная информация

5.1.1 Справочная информация о GB50010-2010

GB50010-2010, как правило, разрабатывается на основе требований, изложенных в «Едином стандарте проектирования надежности инженерных сооружений» (GB 50153) и «Едином стандарте проектирования надежности строительных конструкций» (GB 50068) [34]. Код GB50010-2010 предназначен для двух целей. Первая цель заключается в обеспечении экономической

политики и национальных методов проектирования бетонных конструкций в Китае, а вторая цель состоит в том, чтобы гарантировать, что конструкции должны быть разумно спроектированы (в первом случае они удовлетворяют требованиям безопасности, а во втором - экономически выгодны) и, следовательно, удовлетворяют требованиям устойчивого развития.

В целом, кодекс может использоваться для проектирования обычных железобетонных, простых бетонных и предварительно напряженных железобетонных конструкций, используемых в гражданских и промышленных зданиях. Однако специальные бетонные конструкции и легкие сборные бетонные конструкции требуют дополнительных обсуждений [34].

GB50010-2010 включает в себя одиннадцать глав:

1 Общие положения;

2 Термины и символы;

3 Общие требования;

4 Материалы;

5 Структурный анализ;

6 Конечный режим предельных состояний;

7 Проверка предельных состояний работоспособности;

8 Детализирующие требования;

9 Основные требований для конструктивных элементов;

10 Элементы из предварительно напряженного железобетона;

11 Сейсмостойкие конструкции из железобетонных конструкций.

Как правило, требования к детальному дизайну сосредоточены от третьей главы до одиннадцатой главы, и эти части будут указаны для сравнения с еврокодом.

5.1.2 Справочная информация по еврокодам

Еврокоды состоят из десяти европейских стандартов с указанием правил проектирования конструкций в европейском Союзе (ЕС). Эти стандарты были разработаны Европейский комитетом по стандартизации в соответствии с требованием Европейской комиссии [35]. В общем Еврокоды предназначены

для достижения трех основных целей: средство для подтверждения соответствия требованиям для механической прочности, устойчивости и безопасности при пожаре устанавливается законом Европейского Союза [36].

Таким образом, Еврокоды заменяют существующие национальные строительные нормы, опубликованные национальными органами стандартизации, хотя во многих странах был сосуществующий переходный период. Кроме того, ожидается, что каждая страна выпустит Национальное приложение к Еврокодам для конкретной страны (например, Национальное приложение Великобритании).

Таблица 5.1 – Содержание еврокодов

Стандартный ID	Наименование кода	Краткое
EN1990	Еврокод 0-Основа проектирования конструкций	EC0
EN1991	Еврокод 1-Действие на конструкции	EC1
EN1992	Еврокод 2-Проектирование бетонных конструкций	EC2
EN1993	Еврокод 3-Проектирование стальных конструкций	EC3
EN1994	Еврокод 4-Проектирование композитной стали и бетонные конструкции	EC4
EN1995	Еврокод 5-Проектирование деревянных конструкций	EC5
EN1996	Еврокод 6-Проектирование каменных конструкций	EC6
EN1997	Еврокод 7-Геотехнический проект	EC7
EN1998	Еврокод 8-Проектирование конструкций для сейсмостойкости	EC8
EN1999	Еврокод 9-Проектирование алюминиевых конструкций	EC9

Еврокоды - это набор кодов, и во время процедуры проектирования каждый код обычно должен иметь перекрестные ссылки. В таблице 4 приведены идентификаторы различных еврокодов. В Еврокодах EC0, EC1, EC7 и EC8 рассматриваются общие конструкции, а остальные коды

используются для конструкций со специальными конструкционными материалами [35, 37-39].

5.2 Сравнение свойств материалов в GB 50010-2010 и EC2

5.2.1 Бетон

5.2.1.1 Сравнение прочности на сжатие

В Еврокоде используется двухиндексная форма, обозначающая прочность бетона, например, C40/50, где первое число - это значение характеристики прочности образца бетонного цилиндра с размером Ø150 мм, высотой 300 мм, а второе - это значение характеристики прочности куба, образец размером 150×150×150 мм. Формулы в EC2 приняли прочность на сжатие цилиндра для проектирования. Соотношение между прочностью на сжатие в цилиндре и эквивалентной кубической прочностью на сжатие составляет: $f_{ck}\approx 0{,}8f_{ck,cube}$. Характерная сила f_{ck} определяется как значение, гарантирующее безопасность 95%, которое одинаково в обоих кодах. В GB50010-2010 прочность бетона выражается одной величиной, такой как C50, которая представляет номинальную прочность на сжатие 50 МПа стандартного образца куба с размером 150×150×150 мм. GB50010-2010 также определяет прочность при осевом сжатии стандартного образца в форме призмы размером 150 мм x 150 мм x 300 мм как f_{ck}.

Сравнение типа образца, связанного с этими кодами, приведено в таблице 5.2. В соответствии с таблицей образцы, используемые в двух кодах, аналогичны.

Таблица 5.2 - Стандартное значение прочности бетона на сжатие в МПа.

Класс прочности		15	20	25	30	35	37	40	45	50
КОД	EN	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	-	C30/37	-	C35/45	C40/50
	GB	C15	C20	C25	C30	C35	-	C40	C45	C50
f_{ck}	EN(цилиндр)	12	16	20	25	-	30	-	35	40
	GB(призма)	10,0	13,4	16,7	20,1	23,4	-	26,8	29,6	32,4
f_{cd}	EN(α=1., γ_c=1,5)	8	10,67	13,33	16,67	-	20	-	23,33	26,67
	GB(f_c)	7,2	9,6	11,9	14,3	16,7	-	19,1	21,1	23,1

	Процентные различия	11,11	11,15	12,02	16,57	-	-	-	10,57	15,45

Основное отличие GB50010-2010 то, что он не включает в себя конструкцию бетона с высокой степенью прочности $f_{ck,cube}$=85, 95 и 105 МПа.

Следовательно, китайский стандарт в основном концентрируется на бетоне с низкой или нормальной прочностью. Кроме того, стоит отметить, что определения f_{ck} двух кодов различны, но если образец имеет одинаковую форму, можно ожидать аналогичной прочности на сжатие.

5.2.1.2 Прочность на сжатие

Расчетное значение прочности бетона на сжатие, предел прочности при растяжении и соответствующее характеристическое значение, приведенное в EC2, являются следующими:

$$f_{cd} = (\alpha_{cc} f_{ck})/\gamma_c \quad (1)$$

где γ_c - представляет частичный коэффициент прочности бетона, который составляет 1,5 для постоянного и переходного состояния, и принимают 1,2 для случайного обстоятельства;

α_{cc} представляет собой коэффициент уменьшения, учитывающий длительный эффект и неблагоприятное воздействие на бетон, для условий сжатия и изгиба этот коэффициент должен быть равен 0,85, тогда как в других условиях он должен равняться 1,0.

Китайский стандарт принял аналогичный метод для получения прочности бетона. Однако значение γ_c немного меньше еврокода. Для структурного проекта, согласно GB50010-2010, этот коэффициент должен быть равен 1,4, а для моста и дорожного проекта в соответствии с JTG D62-2004 это значение должно быть равно 1,45 [34, 40].

Если взять α_{cc} за 1 и γ_c=1.5, расчетное значение сжатия двух стандартов будет показано в таблице 5. Согласно таблице, китайский код имеет меньшее расчетное значение, в то время как образец такой же. Следовательно, GB 50010-2010 является более консервативным, в то время как значения α_{cc} =1 и γ_c=1.5 принимаются в структурах, разработанных в соответствии с EC2.

Однако если принять α_c=0,85, расчетные значения сжатия двух стандартов будут близки.

5.2.2 Арматура

Механические свойства арматуры также очень важны в железобетонных конструкциях. Арматура не только обеспечивает прочность на растяжение и прочность на сжатие, но и заставляет конструкцию удовлетворять особым требованиям деформационных свойств. Размеры и тип арматуры, определенные в китайских кодах и еврокодах, аналогичны, но прочность различна. Стальной стержень, определенный в китайских кодах, охватывает низкий, средний и высокий уровень прочности, в то время как Еврокод не имеет низкого уровня прочности и уделяет больше внимания усилению среднего и высокого уровня. Кроме того, при одном и том же уровне армирования значения модуля упругости и характеристик предела текучести стали в китайском коде и еврокоде одинаковы, а для частичного коэффициента армирования значение европейского кода составляет 4,17%, что меньше, чем в Китайский код [36].

5.2.2.1 Сравнение прочности арматуры

Классификация арматуры указана в GB 50010-2010 для Китая, а некоторые подробные спецификации можно найти в EN10080-2005 для Еврокода. Разновидности и характеристики стали относительно близки для двух кодов [41]. Одним из наиболее важных характерных параметров стального стержня является его характерный предел текучести f_{yk}. EC2 определяет характеристический предел текучести f_{yk} как стандартный предел текучести, деленный на номинальную площадь сечения арматуры. Кроме того, для стального стержня без явного предела текучести в качестве предела текучести может использоваться напряжение, соответствующее 0,2% остаточной деформации, что аналогично китайскому коду. На рисунке 23 показаны типичные кривые зависимости напряжения от деформации для стальных стержней, а нормальная прочность стали представлена в таблице 5.3.

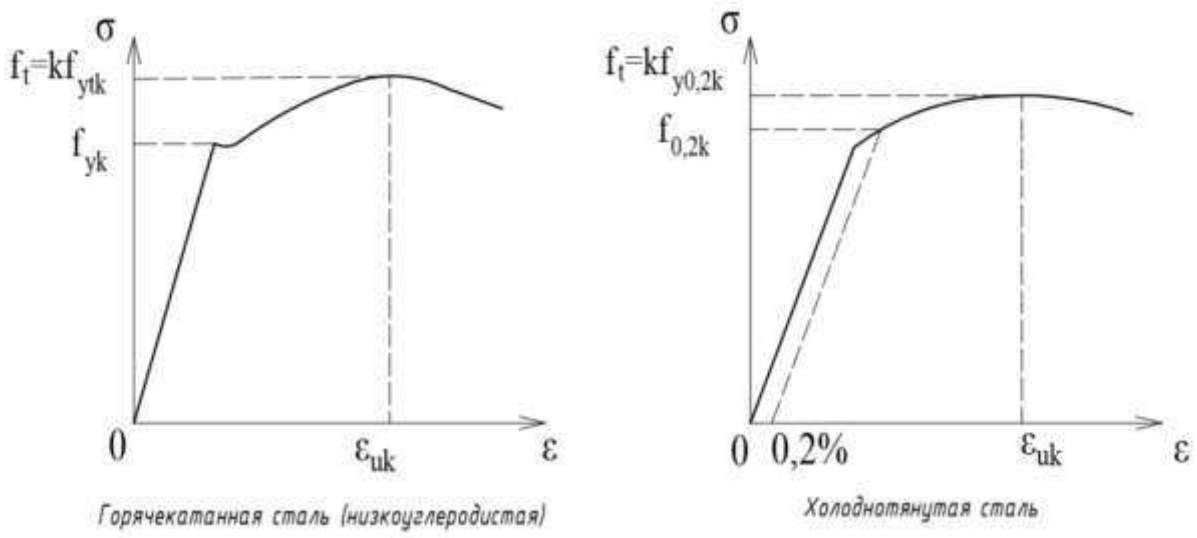


Рисунок 5.1 – Напряженно-деформированный стальной стержень

Согласно Таблице 6, GB 50010-2010 включает арматуру низкой, средней и высокой прочности, в то время как Еврокод не имеет арматуры низкого уровня прочности, минимальная прочность, указанная в Еврокоде, составляет 400 МПа. Кроме того, расчетные значения предела текучести с точки зрения растяжения и сжатия, для каждой марки арматуры, одинаковы для каждого кода, кроме самой высокой оценки в GB 50010-2010 (Таблицу 5.3).

Таблица 5.3 – Прочность арматуры

Стандарт	Код армирования	Диаметр (мм)	f_{yk}	f_{yd}	f'_y
GB 50010-2010	HRB335 HRBF335	6-50	335	300	300
	HRB400 HRBF400 RRB400	6-50	400	360	360
	HRB500 HRBF500	6-50	500	435	410
EC2	B400		400	348	348
	B500		500	435	435
	B600		600	522	522

5.3 Сравнение долговечности и предельного состояния в EC2 и GB50010-2010

Как китайский код, так и Еврокод принимают философию концепции предельного состояния с учетом факторов безопасности нагрузки и сопротивления. Коэффициенты частичной нагрузки Еврокода выше, чем принятые в GB500010-2010. Для двух кодов, хотя уровень прочности бетона одинаков, значение стандартного показателя прочности бетона, модуля упругости, расчетной прочности выше, чем китайского стандарта [36]. В этом разделе будут представлены данные о долговечности и предельном состоянии двух кодов.

5.3.1 Долговечность и бетонное покрытие

Сравнивая метод контроля трещины под нагрузкой железобетонного элемента в китайском коде и еврокоде, в китайском коде используется метод контроля ширины трещины для контроля трещин, а Еврокод уделяет больше внимания контролю трещин, включая расчет минимальной площади стали, ограничивая напряжение, оказываемое на бетон и стальной стержень. Метод расчета ширины трещины двух кодов аналогичен [36].

5.3.1.1 Код окружающей среды

Оба кода требуют, чтобы конструкция бетонных конструкций учитывала состояние окружающей среды, чтобы конструкция была долговечной и экономичной. На основании EC2 и EN206-1 условия окружающей среды классифицируются по степени воздействия. Подробные графики записаны в EN206-1 и EC2.

Основное окружение делится на шесть категорий:

1 Отсутствие риска коррозии или эрозии

2 Карбонатная коррозия

3 Хлоридная коррозия

4 Хлоридная коррозия в морской воде

5 Замораживание и оттаивание

6 Химическая эрозия

Конкретная среда воздействия подразделяется на семь категорий в GB 50010-2010, но нет конкретного описания каждой классификации. Сравнивая экологические категории двух кодов, классификация экологических категорий бетонных конструкций по EC2 является более подробной, чем китайский кодекс.

5.3.1.2 Бетонное покрытие

Требования к бетонному покрытию в Еврокоде основаны на степени воздействия на бетонные конструкции и категории окружающей среды, в то время как в китайском кодексе основаны категорией окружающей среды и конкретной формы конструкции. EC2 определяет толщину бетонного покрытия как расстояние от поверхности бетона до ближайшего стального стержня (включая связанные звенья, распределительные стержни и т.д.).

Номинальная толщина защитного слоя c_{nom} определяется как сумма минимальной толщины покрытия c_{min} и допустимой погрешности расчета Δc_{dev} (которую обычно принимают 10 мм):

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (2)$$

Классы воздействия, связанные с условиями окружающей среды, представлены в таблице 5.4. EN1992-1-1: 2004 [43].

Таблица 5.4 – Значения c_{min} для арматурной стали на основе EN10080.

Класс конструкции	Окружающая среда							
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3	X0
S1	10	10	10	15	20	25	30	S1
S2	10	10	15	20	25	30	35	S2
S3	10	10	20	25	30	35	40	S3
S4	10	15	25	30	35	40	45	S4
S5	15	20	30	35	40	45	50	S5
S6	20	25	35	40	45	50	55	S6

Классификация структуры c_{min}, предписанная EC2, содержится в EN10080 [42]. Кроме того, рекомендуемая прочность бетона S4 для конструкций с расчетным сроком службы 50 лет, а более точные корректировки для различных материалов можно найти в Таблице 4.3N EC2, а минимальный класс конструкции, рекомендованный EC2 - S1. Для бетонной конструкции с расчетным сроком службы 100 лет покрытие должно быть не менее чем в 1,4 раза больше, чем в таблице 5.5. Кроме того, если класс прочности бетона не превышает C25, толщина защитного слоя в таблице должна быть увеличена на 5 мм, бетонная подушка должна быть установлена на железобетонное основание, а толщина бетонного покрытия должна быть не менее 40 мм [4].

Таблица 5.5 – Минимальное бетонное покрытие, указанное в GB 50010-2010.

Степень окружающей среды	Плита, стена, каркас	Колонна
I	15	20
IIa	20	25
IIb	25	35
IIIa	30	40
IIIb	40	50

5.3.2 Расчет по предельным состояниям

Расчет по предельным состояниям (LSD) - метод проектирования, широко используемый в гражданском строительстве. Частный коэффициент еврокода на 3,33% больше, чем китайский код [36]. В отличие от пункта об отсутствии трещин в китайском коде и еврокоде, установлено, что китайская стандартная балка усилена с обеих сторон и внутри хомутами, а в еврокоде балку усиливают - с обеих сторон, нижней части, хомутами снаружи.

И еврокод, и GB50010-2010 применяют метод предельного состояния для проектирования. Оба кода делят предельные состояния на конечное предельное состояние и предельное состояние работоспособности. В этом разделе будут сравниваться LSD двух стандартов.

5.3.2.1 Расчет предельного состояния (ULS)

ULS касается безопасности людей, а также безопасности конструкций. В некоторых обстоятельствах (согласованных для каждого конкретного проекта с клиентом и соответствующим полномочным органом) предельные состояния, которые касаются защиты содержимого, также должны классифицироваться как предельные состояния, как это предписано в EC0 [35]. В частности, Еврокод рассматривает следующие состояния как ULS:

1) состояние, предшествующее структурному разрушению, которое, для простоты, рассматривается вместо самого разрушения;

2) потеря равновесия структуры или любой ее части, рассматриваемой как твердое тело [35];

3) разрушение из-за чрезмерной деформации, превращение конструкции или любой ее части в механизм, разрыв, потеря устойчивости конструкции или любой ее части, включая опоры и основания [35];

4) отказ, вызванный усталостью или другими временными эффектами.

Предельные состояния можно разделить на EQU, STR, GEO и FAT.

EQU - потеря статического равновесия структуры или любой ее части, рассматриваемой как твердое тело, при котором: незначительные изменения в значении или пространственном распределении действий из одного источника являются значительными; прочность строительных материалов или грунта, как правило, не являются определяющими.

STR - внутреннее разрушение конструкции или элементов конструкции, в том числе фундаментов, свай, стен подвалов и т. д., при которых определяется прочность строительных материалов или чрезмерная деформация конструкции.

GEO - разрушение или чрезмерная деформация грунта, при которой прочность грунта или породы значительны для возникновения сопротивления.

FAT - усталостное разрушение конструкции или элементов конструкции.

Ошибки и неточности могут быть вызваны рядом причин. Во-первых, расчетные предположения и неточность расчетов. Кроме того, возможны непредвиденные увеличения масштабов воздействия. В-третьих, непредвиденное перераспределение нагрузки. В-четвертых, проектные неточности. Они не могут быть проигнорированы и не приняты во внимание, применяя частный фактор безопасности во время проектирования [44].

В основном, постоянные и временные нагрузки будут происходить в различных комбинациях, и все это необходимо учитывать при определении наиболее критических проектных ситуаций для любой конструкции. Например, собственный вес конструкции можно рассматривать в сочетании с весом предметов, оборудования и людей, с влиянием или без воздействия ветра, воздействующего на здание (которое также может действовать в нескольких направлениях) [43]. В еврокоде воздействия используются вместо нагрузок/сил, в то время как в китайском коде нагрузки/силы сохраняются. Переменные действия в еврокоде, а также в китайском коде делятся на ведущие переменные действия и сопутствующие переменные действия, такие как нагрузка ветра. Однако в старом британском стандарте BS8110 такого разделения нет [45]. Y.L. Yan [46] считает, что общие комбинации нагрузки в соответствии с STR на основе Еврокода могут быть выражены как:

$$1.35 \times Dead\ Load + 1.5 \times Live\ Load \tag{3}$$

Y.L. Xue [47] считает, что общие комбинации в соответствии с STR на основе Еврокода должны быть максимальным значением уравнения. выражается как показано в формуле 4:

$$\max\begin{cases} 1.35 \times Dead\ Load + 1.5 \times \psi_{0,L} \times Live\ Load \\ 1.35 \times 0.85 \times Dead\ Load + 1.5 \times Live\ Load \end{cases} \tag{4}$$

В соответствии с Приложением A EC0 выбор между формулой (3) или формулой (4) должен основываться на конкретном национальном

Приложении. Согласно Британскому приложению, оба уравнения применимы. Обычно результат (4) меньше, чем (3).

Нагрузка ULS в китайском коде может быть получена как:

$$1.2 \times Dead\ Load + 1.4 \times Live\ Load \quad (5)$$

Минимальные и рекомендуемые значения переменных действий нагрузки от людей в EC2 и GB50010-2010 приведены в Таблице 5.6 для обычных гражданских зданий. Как видно из таблицы, рекомендуемые значения нагрузки от людей, указанные в EC2, превышают значение GB50010-2010, а некоторые меньше GB50010-2010. Однако трудно сказать, что безопаснее в соответствии со значением, указанным в таблице, поскольку основные национальные условия двух стран различны. Например, рекомендуемое значение нагрузки от людей учебного помещения для Китая составляет 2,5 кН/м^2, что выше, чем значение, предоставляемое EC2, из-за более высокой плотности студентов в Китае, чем в большинстве стран Европы.

Таблица 5.6 - Сравнение рекомендуемой нагрузки от людей

Стандарт	Область использования						
	Дом	Учебное помещение	Офис	Столовая	Ночной клуб	Комната стека	Больница
EC2 min	1.5	1.5	2	2	4.5	7.5	1.5
EC2 Sug	2	2	3	3	5	7.5	2
GB50010-2010	2	2.5	2	2.5	4	5	2

Таблица 5.7 - Комбинация нагрузок

Комбинация	Стандартный код	
	EN1990: 2002	GB50009-2012
Стандартная комбинация	$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{j\geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	$\sum_{j=1}^{m} S_{Gjk} + S_{Qik} + \sum_{i=2}^{n} \psi_{ci}\ S_{Qik}$

Комбинация частот	$\sum_{j\geq1} G_{k,j} + P + \psi_{1,i} Q_{k,1} + \sum_{j\geq1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$	$\sum_{j=1}^{m} S_{Gjk} + \psi_{f1} S_{Qik} + \sum_{i=2}^{n} \psi_{qi}\ S_{Qik}$
Квазиперманентная комбинация	$\sum_{j\geq1} G_{k,j} + P + \sum_{j\geq1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	$\sum_{j=1}^{m} S_{Gjk} + \sum_{i=1}^{n} \psi_{qi}\ S_{Qik}$
$G_{k,j}$, S_{Gjk} представляет собой характерное значение постоянной нагрузки, P представляет соответствующее репрезентативное значение действия предварительного напряжения $Q_{k,i}$, S_{Qik} представляет характерное значение нагрузки от людей i. $\psi_{0,i}$ ψ_{ci} представляет коэффициент комбинации для переменного действия i, $\psi_{1,i}$ ψ_{f1} представляет частотный коэффициент переменного действия i, $\psi_{2,i}$ ψ_{qi} представляет квазипостоянное переменное действие i		

Таблица 5.8 - Факторы

Стандарт	Площадь						
	Символ	Квартира	Балкон	Лестница	Рынок	Сцены	Стеки
EN 1991: 2002	ψ_0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	**1,0**
	ψ_1	0,5	0,5	0,5	**0,7**	**0,7**	0,9
	ψ_2	0,3	0,3	0,3	**0,6**	**0,6**	0,8
GB50010-2010	ψ_c	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9
	ψ_f	0,5	**0,6**	0,5	0,6	0,6	0,9
	ψ_q	**0,4**	**0,5**	**0,4**	0,5	0,5	0,8
Примечание: Жирным шрифтом обозначено, что значения соответствующих коэффициентов различаются между двумя кодами, а более крупный представлен жирным шрифтом.							

Комбинация нагрузок, используемая в EN1990: 2002 и GB50009-2012, представлена в Таблице 5.8. Китайский код и Еврокод имеют одинаковую форму сочетания нагрузок.

Некоторые общие значения этих факторов, представленные в таблице 10, приведены в таблице 8 [48]. Согласно таблице 11, большинство значений

трех факторов для китайского и еврокода одинаковы. Незначительные различия между двумя кодами можно легко увидеть из таблицы.

Для постоянных нагрузок основными компонентами, предусмотренными двумя стандартами, являются собственный вес конструкции и оборудования. Для нагрузки от людей, оборудования рекомендуемые значения нагрузки, указанные в двух стандартах, аналогичны. Для конкретного проекта два кода могут предоставлять разные значения, но разница должна быть небольшой.

5.3.2.2 Сравнение предельного состояния работоспособности (SLS)

В соответствии с требованием EC2, проверка предельного состояния должна основываться на следующих факторах:

1) деформация, которая влияет на внешний вид, комфорт пользователя или структурную функцию (включая механические или сервисные функции), и деформацию отделки поверхности или;

2) вибрация, которая возникает при ходьбе и ограничивает эффективность структурных функций;

3) Повреждение, которое отрицательно влияет на долговечность, внешний вид или структурную функцию.

Исходя из вышеуказанных факторов, EC2 предусматривает, что конкретная конструкция должна удовлетворять: Ed ≤ Cd, где: Cd отражает предельные расчетные значения критерия эксплуатационной пригодности (т. е. f_{cd}, M_{cd}); Ed отражает расчетную стоимость эффекта действия в критерии удобства использования, определяемом на основе соответствующей комбинации (т.е. f_{Ed}, M_{Ed}).

Подробное требование по контролю отклонения приведено в п. 7.4 стандарта EN1992-1-1. Требование:

$$\frac{l}{d_{basik}} \times F1 \times F2 \times F3 \geq \frac{l}{d_{Aktural}} \qquad (6)$$

Значение $1/d_{basik}$ найдем по формуле (7)

$$\frac{l}{d} = K\left[11 + \frac{1.5\sqrt{f_{ck}p_0}}{p} + 3.2\sqrt{f_{ck}}\left(\frac{p_0}{p} - 1\right)^{1.5}\right] \qquad f_{or}\, p \leq p_0$$

$$\frac{l}{d} = K\left[11 + \frac{1.5\sqrt{f_{ck}p_0}}{p-p'} + \frac{\sqrt{f_{ck}}}{12}\sqrt{\frac{p'}{p_0}}\right] \qquad f_{or}\, p > p_0 \tag{7}$$

где K зависит от типа пролета, равный 1, 1,3, 1,5, 0,4 для обычного несущего пролета, крайнего пролета, среднего пролета или консоли соответственно. Расчет F1, F2, F3 можно найти в [49]. Допустимые значения отклонения для изгибных элементов в GB50010-2010 представлены в таблице 5.9. Для контроля отклонения GB50010-2010 использует таблицу, в то время как EC2 использует некоторые уравнения. Рассмотрим таблицу, обычно основанную на консервативном упрощении.

Таблица 5.9 – Допустимое отклонение в GB50010-2010

Тип элементов	Предельные значения прогиба
Крановая балка: Ручной кран: Электрический кран:	 $l_0/500$ $l_0/600$
Элементы крыши, пола и лестницы: Когда $l_0 < 7m$ Когда $7m \leq l_0 \leq 9m$ Когда $l_0 > 9m$	 $l_0/200$(l_0/250) $l_0/250$(l_0/300) $l_0/300$(l_0/400)

Степени контроля трещин и предельные значения контроля максимальной ширины трещин, указанные в EC2 и GB50010-2010, представлены в таблице 5.10 и таблице 5.11 соответственно:

Таблица 5.10 – Контроль трещин в EC2

Класс воздействия	Усиленные элементы и предварительно напряженные элементы с несвязанными стержнями	Предварительно напряженные элементы со связанными стержнями
	Квазипостоянная нагрузка	Сочетание частой нагрузки
X0, XC1	0,4[1]	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2[2]

XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3		Декомпрессия
Примечание 1: Для X0, классы воздействия XC1, ширина трещины не влияет на долговечность, и этот предел установлен, чтобы дать в целом приемлемый внешний вид. При отсутствии условий появления этот предел может быть ослаблен.		
Примечание 2: Кроме того, для этих классов воздействия декомпрессия должна проверяться при квазипостоянной комбинации нагрузок.		

Таблица 5.11 - Контроль трещин в GB50010-2010

Окружающая среда l категории	Железобетонные конструкции		Конструкции из предварительно напряженного бетона	
	Уровни контроля трещин	$w_{lim}\,(mm)$	Уровни контроля трещин	$w_{lim}\,(mm)$
l	lll	0,3(0,4)	lll	0,2
ll	lll	0,2	ll	0,1
lll	lll	0,2	l	-

Исходя из двух таблиц, допустимая максимальная ширина трещины для двух кодов составляет 0,4 мм и зависит от различных условий, требования которых будут различаться. Как правило, контроль ширины трещины двух кодов близки.

5 Выводы

В разделе обсуждаются основные вопросы, связанные с проектированием конкретных конструкций, а также сходства и различия EC2 и GB50010-2010. Для нормального конкретного проекта коэффициенты частичной нагрузки в двух кодах различны. Для ULS (расчет по предельным состояниям) коэффициенты частичной нагрузки в EC2 немного больше, чем в китайском коде. Принимая во внимание конкретную прочность бетона, китайский кодекс принимает более низкое проектное значение, поэтому окончательная надежность двух кодов должна быть относительно близкой. Для SLS (расчет по предельным состояниям работоспособности) GB50010-2010 дает справочную форму, которая обеспечивает прямое требование

отклонения для различных конкретных спецификаций и конструкций. EC2, однако, косвенно проверяет, удовлетворяется ли отношение глубины пролета на основании предоставленных уравнений, для управления отклонением. Для контроля трещин SLS EC2 и GB50010-2010 относительно близки. Исходя из этого, площадь сжимающего усиления, полученная GB50010-2010, меньше, чем у EC2, а площадь основного армирования больше, чем у EC2, и оба кода могут пройти проверку на прогиб.

6 Программа испытаний здания на примере объектов Красноярского края

6.1 Общие положения

Настоящая программа составлена для проведения инженерного обследования несущих и ограждающих строительных конструкций на основании ГОСТ Р537782010 "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния".

В разработанной программе используются основные положения следующих нормативных и методических документов:

СП 521012003 Бетонные и железобетонные конструкции.

СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции.

СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений.

СНиП 23022003 Тепловая защита зданий

СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия.

СП 16.13330.2011 Стальные конструкции.

ГОСТ Р537782010 "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния".

СП 131022003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

ВСН 5787(р) «Положение по техническому обследованию жилых зданий»;

СП 131022003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».

ГОСТ Р537782010 "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния".

Программа обследования определяет порядок проведения, применяемые методы и средства, основные технические требования и состав работ при обследовании. Разработанная программа позволяет производить оценку фактического технического состояния несущих и ограждающих конструкций по выполненным в ходе обследований материалам.

6.2 Цель обследования, объект обследования

Цель работ: определение фактического технического состояния строительных конструкций здания, разработка заключения о техническом состоянии и рекомендаций по восстановлению и поддержанию эксплуатационной пригодности с указанием возможности и условий проведения реконструкции, технического перевооружения и дальнейшей эксплуатации.

Объектом обследования являются несущие и ограждающие строительные конструкций на примере: здание Мировых судей, расположенного по адресу: Республика Хакасия, Усть-Абаканский район, рп Усть-Абакан, ул. Октябрьская, д 32 (Рисунок 6.1); многоквартирный жилой дом, расположенного по адресу: Красноярский край, Сухобузимский район, с. Сухобузимское, ул. 40 лет Победы, д. 3 (Рисунок 6.2).

Рисунок 6.1 – Общий вид здания Мировых судей, расположенного по адресу Республика Хакасия, рп Усть-Абакан, ул. Октябрьская, д 32.

Рисунок 6.2 – многоквартирный жилой дом, расположенный по адресу: Красноярский край, Сухобузимский район, с. Сухобузимское, ул. 40 лет Победы, д. 3.

6.3 Состав работ

Работы по обследованию выполнить в три этапа.

1 этап. Подготовка к проведению обследования.

2 этап. Предварительное визуальное обследование.

3 этап. Детальное инструментальное обследование.

На 1 этапе обследования произвести следующие работы.

Ознакомление с объектом обследования, его объемно-планировочным и конструктивным решением, материалами инженерно-геологических изысканий; сбора и анализа проектно-технической документации; составления программы работ с учетом согласованного с заказчиком технического задания.

На 2 этапе обследования произвести следующие работы.

Выполнить визуальный контроль строительных конструкций. Определить соответствие строительных конструкций проектной документации. Особое внимание уделить на выявление дефектов и повреждений, влияющих на безопасную эксплуатацию строительных конструкций здания в целом.

Составить схемы и ведомости дефектов и повреждений. Выполнить фото документирование дефектов и повреждений.

Дефекты и повреждения строительных конструкций объектов обследования представлены на рисунках 6.3-6.11.

Рисунок 6.3 - Дефекты отмостки многоквартирного жилого дома

Рисунок 6.4 - Трещины стен многоквартирного жилого дома

Рисунок 6.5 – Полное разрушение железобетонной плиты козырька с оголением арматурной сетки, разрушение облицовочного кирпича с выпадением отдельных камней

Рисунок 6.6 - Трещины в несущих конструкциях стен здания Мировых судей

Рисунок 6.7 - Отслоение облицовочной версты из двойного кирпича стены здания Мировых судей

Рисунок 6.8 - Дефекты основания здания Мировых судей

Рисунок 6.10 - Деформация дверных блоков, промерзание ограждающих конструкций здания Мировых судей

Рисунок 6.11 - Провалы уровня пола здания Мировых судей

На 3 этапе обследования произвести следующие работы.

- Выполнить обмерные работы.

- Выполнить поверочные расчеты.

- Выполнить испытания элементов строительных конструкций с определением характеристик прочности бетона железобетонных конструкций колонн, ригелей и плит перекрытия и покрытия.

- Выявить степень и причины повреждений элементов строительных конструкций на основе данных натурного инженерного обследования.

- По результатам обследования установить категорию технического состояния строительных конструкций (нормативное, работоспособное, ограничено работоспособное, аварийное).

- Разработать технические рекомендации по восстановлению и (или) поддержанию эксплуатационной пригодности строительных конструкций с указанием возможности и условий проведения реконструкции и технического перевооружения и дальнейшей эксплуатации.

- Подготовить заключение о техническом состоянии строительных конструкций здания.

6.4 Диагностические показатели

Диагностическими показателями качества конструкций и материалов при обследовании являются:

- дефекты и повреждения несущих и ограждающих конструкций;

- геометрические параметры конструктивных элементов (сечения, высота, длина):

- физикомеханические характеристики материалов конструкций;

Особое внимание уделить дефектам и повреждениям, снижающим эксплуатационную пригодность:

- деформации;

- нарушение геометрических размеров;

- механические повреждения;

- дефекты и разрушения узловых соединений.

Классификацию дефектов и повреждений обследуемых конструкций вести с использованием приложений ГОСТ Р537782010.

6.5 Категории технического состояния конструкций и сооружения

Оценку технического состояния несущих и ограждающих конструкций выполнять с использованием следующих категорий состояния (ГОСТ Р537782010):

- нормативное техническое состояние: Категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.

- работоспособное техническое состояние: Категория технического состояния, при которой некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но имеющиеся нарушения требований, в конкретных условиях эксплуатации, не приводят к нарушению работоспособности, и необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания, с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений, обеспечивается.

- ограниченно-работоспособное техническое состояние: Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, и функционирование конструкций и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле (мониторинге) технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния (при необходимости).

- аварийное состояние: Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями,

свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта

6.6 Методы и средства обследования

При проведении обследований объекта используются следующие методы:

- визуальное обследование поверхности конструкций, узлов соединений:

- визуально-измерительный контроль строительных конструкций с использованием средств измерения линейных размеров;

- контроль параметров прочности бетона ультразвуковым методом и методом ударного импульса;

Ниже приводится перечень необходимых средств для проведения обследования (наименование/назначение).

1) Ультразвуковой прибор контроля прочности бетона «Пульсар 1.1» контроль прочности бетона ультразвуковым методом.

2) Приборы контроля прочности бетон «ПМ2» «ИПСМГ4» «Silver Schmidt» контроль прочности бетона методом ударного импульса.

3) Измеритель защитного слоя «Profoscope» Proced контроль параметров армирования и толщины защитного слоя бетона.

4) Лазерный дальномер «Disto» измерение линейных размеров.

5) Штангенциркуль ШЦ11250.1 ГОСТ 166 визуально-измерительный контроль геометрических параметров элементов конструкции.

6) Линейки измерительные с ценой деления 1мм, лента мерная металлическая.

7) Фотоаппарат.

Используемые в процессе обследования средства технического

контроля и диагностики должны пройти метрологическую аттестацию и иметь аттестат (сертификат) в соответствии с требованиями ГОСТ.

6.7 Порядок работы исполнителя на объекте

Заказчик и Исполнитель по прибытию на объект и до начала работ по обследованию оформляют акт-допуск (наряд-допуск) на работы повышенной опасности и по форме, установленной у Заказчика (при необходимости указанных работ).

Руководитель экспертной группы представляет экспертов для прохождения вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте с оформлением в соответствующих журналах подразделениях Заказчика. Экспертная группа обязана на территории и объектах Заказчике выполнять требования установленных правил и мер безопасности, а также требованиям распорядка дня (при необходимости).

Эксперты обязаны входить в помещения обследуемого здания только после получения разрешения должностных лиц подразделения и производить работ в сопровождении представителя заказчика. Экспертам запрещается производство каких бы то ни было работ, не связанных с обследованием строительных конструкций. Для оперативного решения текущих организационно-технических вопросов Заказчик выделяет уполномоченное должностное лицо, которому поручается общая координация работ. Периодически по мере выполнения работ руководитель экспертной группы информирует уполномоченное должностное лицо Заказчика о ходе и промежуточных результатах работ.

На период проведения обследования Заказчик предоставляет экспертной группе следующее:

- проектно-техническую и эксплуатационную архивную документацию;
- строительные конструкции, подвергаемые обследованию с выделением эксплуатирующего персонала;
- вспомогательное оборудование для работ, включая средства индивидуальной защиты и безопасности с учетом условий проведения работ;
- доступ к обследуемым элементам, в том числе с использованием вспомогательных технических средств;

- устройство шурфов для осмотра фундаментов (при необходимости)

- подготовку мест, участков для проведения испытаний методами неразрушающего и разрушающего контроля;

- заделку и уборку после проведения работ.

Необходимость проведения и объем подготовительных и обеспечивающих работ определяет руководитель экспертной группы, исходя из требований технического задания и получения максимально полной и достоверной информации о техническом состоянии элементов конструкций, а также исходя из требований обеспечения безопасности экспертов при проведении работ.

Решение указанных вопросов руководитель экспертной группы осуществляет совместно с начальником подразделения, участок которого подвергается обследованию и (или) с уполномоченным должностным лицом Заказчика.

6.8 Специальные мероприятия

В случае обнаружения при обследовании критических дефектов, которые могут привести к разрушению конструкции, руководитель работ по обследованию немедленно уведомляет об этом Заказчика. По согласованию с Заказчиком Исполнитель разрабатывает перечень первоочередных (противоаварийных) мероприятий для восстановления эксплуатационной пригодности строительных конструкций.

В случае необходимости прекращения работ или возникновения возможной аварийной ситуации должностные лица Заказчика должны оповестить руководителя экспертной группы. Ответственность за прекращение работ, эвакуацию экспертов в безопасное место или обеспечение иных мер безопасности своих сотрудников после получения сигнала оповещения несет руководитель экспертной группы.

6.9 Порядок представления отчетных материалов

После выполнения инженерного обследования строительных конструкций Исполнитель информирует Заказчика об основных результатах обследования и предварительных выводах по результатам работ. При необходимости проведения срочных ремонтных работ Исполнитель разрабатывает и представляет Заказчику перечень первоочередных (противоаварийных) мероприятий для восстановления эксплуатационной пригодности строительных конструкций.

После камеральной обработки результатов инженерного обследования Исполнитель предоставляет Заказчику Заключение о техническом состоянии строительных конструкций здания с рекомендациями по устранению выявленных дефектов и (или) восстановлению их эксплуатационной пригодности.

В Заключении о техническом состоянии строительных конструкций, являющихся объектом обследования, отразить:

- фактические условия эксплуатации строительных конструкций;
- степень соответствия выполненных строительных конструкций и узлов их сопряжения проектно-технической документации (при необходимости);
- параметры технического состояния строительных конструкций, а также узлов их сопряжения;
- результаты приборного контроля строительных конструкций;
- выявленные дефекты элементов строительных конструкций и узлов их сопряжения (схемы расположения или ведомость дефектов, а также фото фиксацию);
- наиболее вероятные причины образования выявленных дефектов и физического износа конструктивных элементов;
- категорию технического состояния конструктивных элементов здания;

- рекомендации по восстановлению и (или) поддержанию эксплуатационной пригодности строительных конструкций;
- выводы о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации здания.

6.10 Сроки выполнения работы

Работы по техническому обследованию строительных конструкций здания, подготовке и выдаче Заказчику отчетных материалов выполняются в сроки, указанные в договоре и в объемах указанных в смете.

Выводы

В результате проведенной научно-исследовательской работы актуализированы концептуальные методики оценки износа железобетонных конструкций. Для реализации поставленной цели решены следующие задачи:

● Систематизированы виды дефектов и физического износа на примере строительных объектов Красноярского края. С позиции обобщения существующих классификаций и сущностных характеристик понятия износа произведена систематизация видов физического износа зданий с ж/б конструкциями.

● Определены факторы износа зданий с ж/б конструкциями.

● Осуществлен сравнительный анализ понятий «износ» и его видов в соответствие с Федеральными и Международными стандартами оценки (Китайский код и Еврокод) в целях их унификации.

● Проведен анализ работы железобетонных конструкций на примере здания с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам. Особенность работы заключалась в том, что при строительстве многоквартирных домов на первом этаже ограждающая конструкция выполнена из витражей, а не в виде кирпичной кладке. За счет этого центр масс смещается в сторону верхних этажей, а также меняется поведение жесткости всего здания.

● На основе проведенного анализа международных стандартов (Китайский код и Еврокод) проранжированы подходы к расчету железобетонных конструкций.

● Предложена и апробована программа испытаний железобетонных конструкций.

По материалам диссертационной работы опубликована статья в журнале по списку ВАК [50].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Габрусенко В.В. Аварии, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций в вопросах и ответах / В.В. Габрусенко. – Новосибирск.: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – 124 с.

2. Габрусенко В. В. Об усилении каменных стен зданий при неравномерных деформациях основания / В. В. Габрусенко // Проектирование и строительство в Сибири. – 2002, №5. – С.13-14.

3. Габрусенко В. В. К расчету усиления железобетонных колонн железобетонными обоймами при осевом сжатии / В. В. Габрусенко, Д. А. Федоров // Научные труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала. Вып. 9. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2006. – С. 69-71.

4. Габрусенко В. В. Усиление пустотных плит, ослабленных отверстиями / В. В. Габрусенко, В. С. Конов // Проектирование и строительство в Сибири. – 2007, №1. – С. 13-15.

5. Габрусенко В. В. Кризис в строительстве как повод критически оценить построенное /В. В. Габрусенко //Научные труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала. Вып 10. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2010. – С. 3-8.

6. Яскевич Е.Е. Мониторинг прибыли предпринимателя и внешнего износа для объектов недвижимости на территории Российской федерации / Е.Е. Яскевич // Имущественные отношения в Российской федерации. – 2006, № 12 (63). – С. 92-97.

7. Якупова Н.М. Оспаривание кадастровой стоимости объектов недвижимости в Республике Татарстан / Н.М. Якупова, Л.И Галимова // Инновационные технологии научного развития. – 2016, №3. – С. 61-67.

8. Гурьев В. В. Современная нормативная база по мониторингу технического состояния зданий и сооружений / В. В. Гурьев, В. М. Дорофеев // Промышленное и городское строительство. – 2006. – № 4. – С. 24–25.

9. Живаев, А. А. Корреляционный анализ показаний датчиков системы мониторинга строительного объекта / А. А. Живаев, П. В. Нестеров //

Современные методы и средства обработки пространственновременных сигналов. – Пенза.: ПДЗ, 2010. – С. 34 – 37.

10. Капценбах Р. Основные принципы проектирования и мониторинга высотных зданий Франкфурта-на-Майне. Случаи из практики / Р. Капценбах, А. Шмитт, Х. Рамм // Реконструкция городов и геотехническое Строительство. – СПб.: ФСВ, 2005. – № 9. – С. 80 – 99.

11. Коргина М. А. Оценка напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений в ходе мониторинга их технического состояния : дис. канд. техн. наук : 05. 23. 01 / М. А. Коргина. – М., 2008. – 225 с.

12. Ли Т. В. Применение GPS для мониторинга объектов при строительстве и эксплуатации / Т. В. Ли // Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения горожан. – 2005. – Ч. 1. – С. 72 – 74.

13. Серегин С. Л. Наземное лазерное сканирование как новейшая система мониторинга геометрических параметров для оценки безопасности строительных объектов / С. Л. Серегин // Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения горожан. – 2005. – Ч. 1. – С. 75 – 77.

14. Леденев В. В., Ярцев В. П. Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс]: учебное пособие // Тамбов: ТГТУ. – 2016.

15. Lin X., Zong Z., Niu J. Finite element model validation of bridge based on structural health monitoring—Part II: Uncertainty propagation and model validation //Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). – 2015. – Т. 2. – №. 4. – С. 279-289.

16. Бабаян А. Д. Геотехнический мониторинг зданий и сооружений / А.Д. Бабаян // Российская наука в современном мире. – 2018. – С. 73-74.

17. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

18. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений

19. Улыбин А. В. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения / А.В Улыбин, Н.И. Ватин // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – №. 10. – С. 134-146.

20. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений. М.: ЦНИИСК им В.А. Кучеренко. 1984. 36 с.

21. Улыбин А. В. и др. Стандартная и альтернативная методики определения прочности кирпича при обследовании зданий и сооружений / А.В. Улыбин, С.В. Зубков, О.Ю. Сударь // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – №. 3. – С. 9-24.

22. Улыбин А.В. О методах контроля прочности керамического кирпича при обследовании зданий и сооружений / А.В. Улыбин, С.В. Зубков // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 3. С. 29-34.

23. Деркач В.Н. Методы оценки прочности каменной кладки в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений / В.Н. Деркач, Н.М. Жерносек // Вестник Белорусско-Российского университета. 2010. № 3(28). С. 135-143.

24. Тележкин В.Ф. Ультразвуковая система для экспресс-анализа технических характеристик кирпича / В.Ф. Тележкин, П.А. Угаров // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2000. № 1. С. 171-180.

25. Multi-technique approach for the assessment of historical masonry constructions / Fernandes F.M., Ramos L.F., Manning E., Ferreira J., Mendes P // 10th International Conference on Damage Assessment of Structures. Dublin, Ireland. 2013. Vol. 569-570. Pp.1249-1256.

26. Mechanical characterization of rubble stone masonry walls using non and minor destructive tests / Lombillo I., Thomas C., Villegas L., Fernández-Álvarez J.P., Norambuena-Contreras J. // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 43. Pp. 266-277

27. Житушкин В.Г. Определение прочности кладки из кирпича в натурных условиях / В.Г. Житушкин, В.Н. Кучеров // Жилищное строительство. 2001. № 9. С. 11-12.

28. Гучкин И.С. Определение прочности (марки) керамического кирпича в конструкциях неразрушающим методом / И.С. Гучкин, Д.В. Артюшин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2006. №1. С. 103-104.

29. Штенгель В.Г. О корректном применении НК в обследованиях железобетонных конструкций длительно эксплуатирующихся сооружений // В мире НК.2009. №3. С. 56-62.

30. Улыбин А.В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2011. №4(22). С. 10-15.

31. Джонс Р., Фэкэоару И. Неразрушающие методы испытаний бетонов. Пер. с румынск. М., Стройиздат, 1974. С. 292.

32. Штенгель В.Г. Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7(17). С. 4-9.

33. International Building Code, 2003.

34. MOHURD-China, AQSIQ-China. GB 50010-2010 (Modified in 2015) Code for design of concrete structures. 2015.

35. BSI, Eurocode 0: Basis of Structural Design. 2005.

36. J. Xia. Comparative Study on Concrete Structure Design Specification between China and European. 2014.

37. BSI, Eurocode 1: Actions on Structures. (2005).

38. BSI, Eurocode 7: Geotechnical Design. (2005).

39. BSI, Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake resistance. (2005).

40. Ministry-of-Construction-China. GB/T 50081-2002 Standard for test method of mechanical properties on ordinary concrete. (2003).

41. CCCC-Highway-Consultants-CO. JTG D62-2004: Code for Design of Highway Reinforced Concrete and Prestressed Concrete Bridfges and Culverts. (2004).

42. BSI, BS EN10080: 2005, Steel for the reinforcement of concrete–Weldable reinforcing steel–general.54- 60. (2005).

43. BSI, Eurocode 2: Design of Concrete Structures (EN1992-1-1). (2005).

44. W.H. Mosley, R. Hulse, J.H. Bungey. Reinforced concrete design: to Eurocode 2. (2012).

45. BSI, Structural use of concrete. Part I: Code of practice for design and construction. (1997).

46. Y.L. Yan A stydy on Eurocodes about the RC elements design and comparison between Eurocodes and Chinese Codes. (2010).

47. Y.L. Xue Comparative research of wind load, seismic action, load and effect combination between European and CHinese codes and development of European version SATWE. (2010).

48. MOHURD-China, AQSIQ-China. GB 50009-2012 Load code for the design of building structures. (2012).

49. A. Bond, O. Brooker, A. Harris, T. Harrison, R. Moss, R. Narayanan, et al. How to design concrete structures using Eurocode 2. (2006).

50. Портнягин Д. Г. Санация стен подвала с применением сухих смесей для торкретирования / Д. Г. Портнягин, В. А. Василишин, **А. В. Жарченко** // Инженерный вестник Дона. – 2020. - № 5. [Электронный ресурс] : Режим доступа : http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2020/6484 (дата обращения 01.07.2020). **(по списку ВАК)**

Фото 1 Фото 2

Фото 3 Фото 4

Фото 5 Фото 6

Фото 7

Фото 8

Фото 9

Фото 10

Фото 11

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
"СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Хакасский технический институт - филиал СФУ

кафедра "Строительство"

Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний

Выпускник: А.В. Жарченко
Научный руководитель: к.т.н, доцент Д.Г. Портнягин

Абакан 2020

Целью исследования является разработка концептуальных методик оценки износа железобетонных конструкций.

Реализация поставленной цели потребовала решения следующих задач:

- Систематизировать виды дефектов и физического износа;
- Определить факторы износа зданий с ж/б конструкциями;
- Осуществить сравнительный анализ понятий "износ" и его видов в соответствии с Федеральным и Международными стандартами оценки в целях их унификации.

Практическая значимость

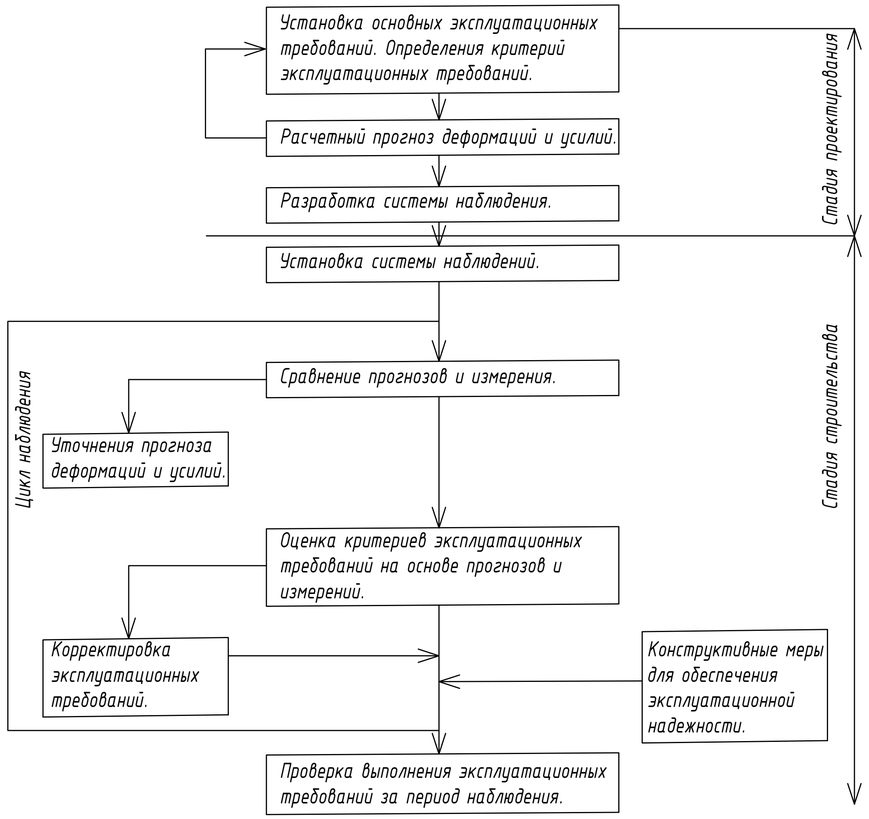
Апробированы предложенные методологические концепции оценки износа бизнеса в работе компании ООО «Квазар» (г. Красноярск).

По материалам диссертационной работы опубликована статья в журнале по списку ВАК.

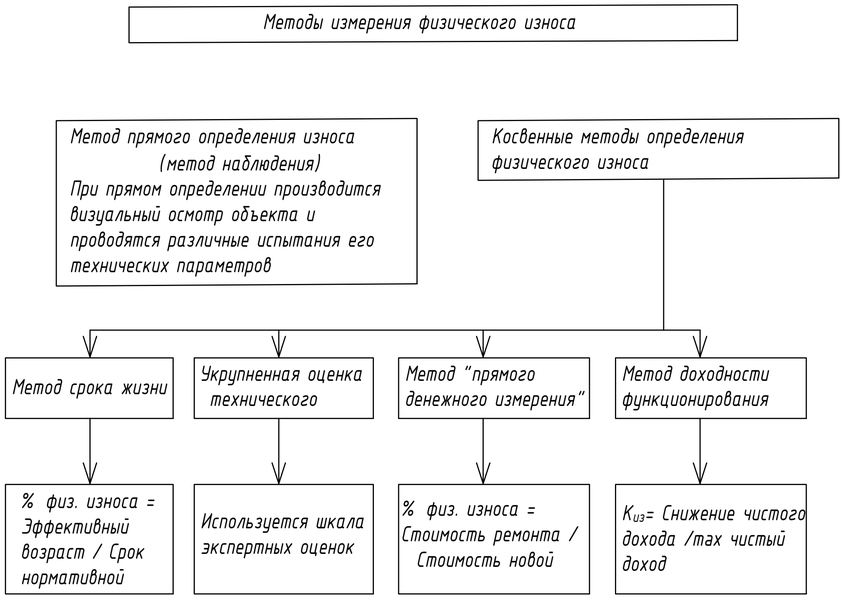
Научная новизна:

1. Произведена систематизация видов физического износа зданий с ж/б конструкциями с позиции обобщения существующих классификаций и сущностных характеристик понятия износа;
2. Проведен анализ работы железобетонных конструкций на примере здания с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам;
3. На основе проведенного анализа международных стандартов проранжированы подходы к расчету железобетонных конструкций;
4. Предложена программа испытаний железобетонных конструкций

Схема технологического процесса мониторинга



Методы измерения физического износа



Элементы плиты перекрытия опираются на несущую кирпичную стену

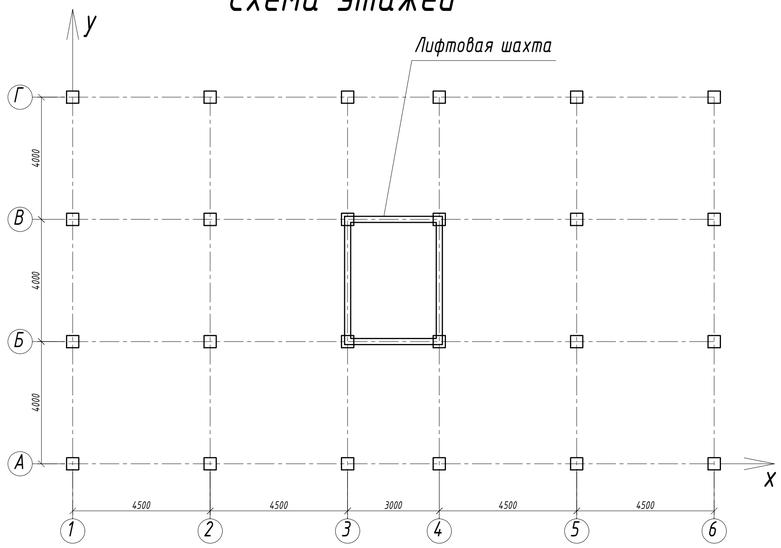
Непосредственное примыкание деревянных конструкций к кирпичной кладке

Наличие потеков, образующихся вследствие замачивания кирпичного пояса атмосферными осадками

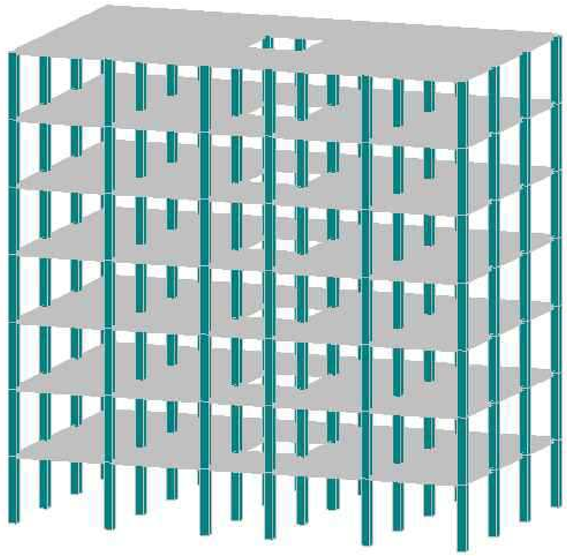
Косые трещины в углу обследуемого здания шириной до 3 мм

Трещин и других признаков осадочных деформаций в конструкциях фундамента здания не зафиксировано

Схема этажей

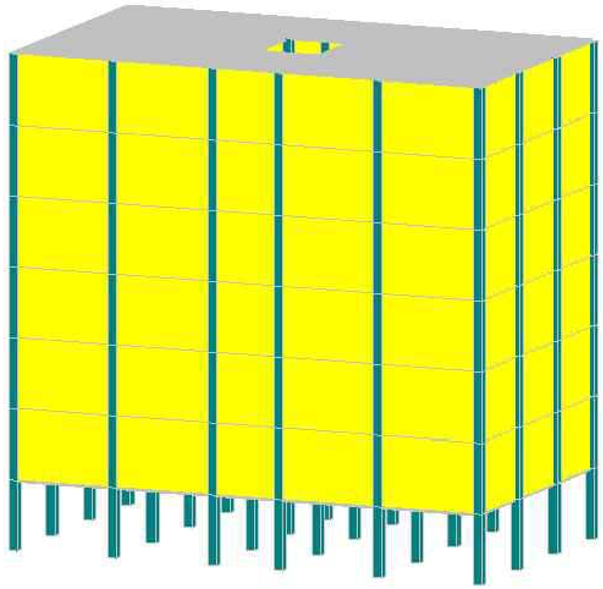


Модель 1



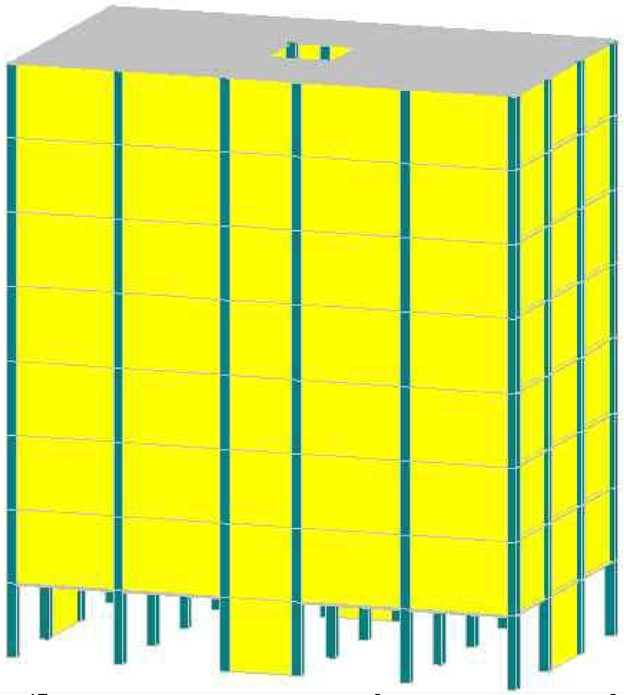
Голая рама для всех уровней

Модель 2, 4, 5



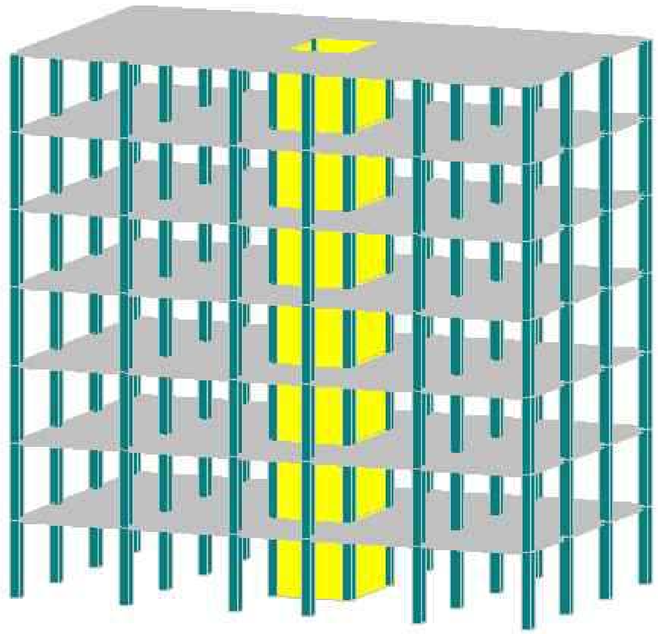
2 - каркас с заполнением на всех уровнях, но на уровне мягкого этажа стены не включены. Оконные проемы предполагаются небольшими, поэтому ими пренебрегают.
4 - То же, что в 2, но усиленные стены включены, чтобы действовать как стены диафрагмы жесткости.
5 - То же, что и в 2, но колонны первого этажа сделаны значительно более жесткими (60 х 60 см).

Модель 3, 7



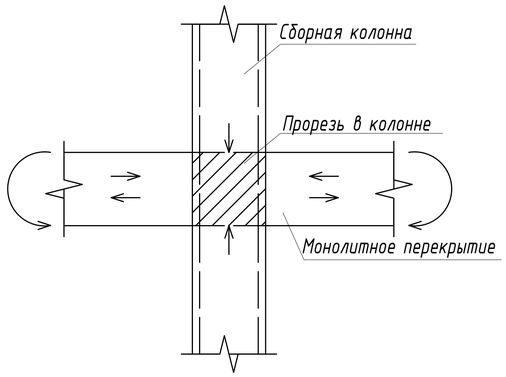
3 - 15 см заполнить неармированные стены на всех этажах. На первом этаже несколько боковых стенок.
7 - То же, что и в 2, но на уровне мягкого этажа введена стена диафрагмы жесткости, соответствующая сердцевине в четырех направлениях.

Модель 8

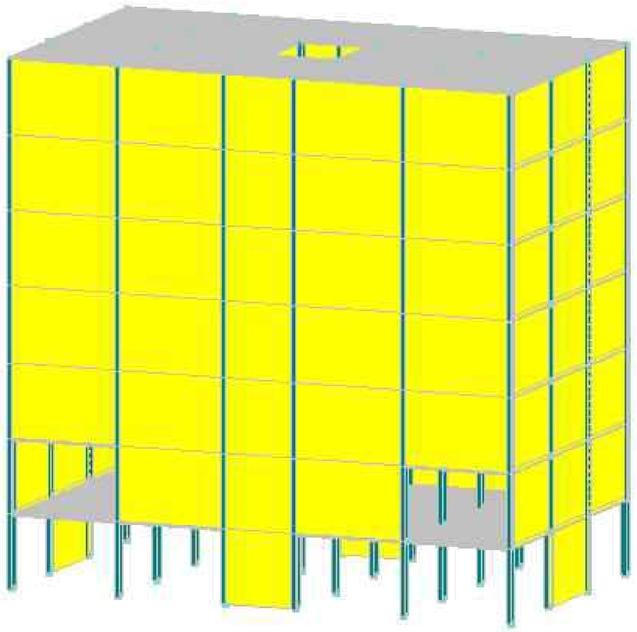


8 - То же, что в 1, но ввод шахты лифта из железобетонной стены 20 см в четырех направлениях в центральной части здания.

Недостатки узлов сопряжения перекрытий с колоннами в некоторых типах сборно-монолитных каркасных зданий

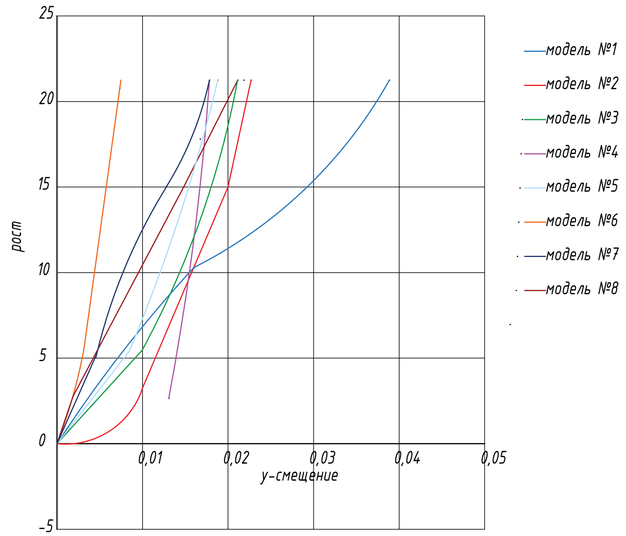


Модель 6

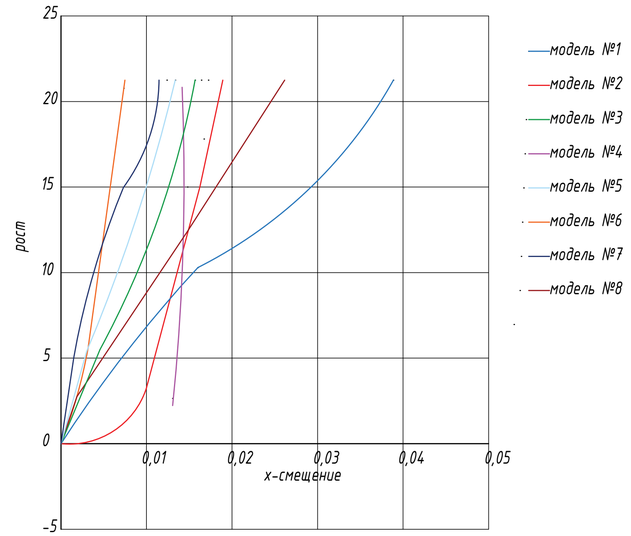


6 - То же, что и 2, но в поперечном направлении есть одна стена диафрагмы жесткости в мягком этаже, две стены диафрагмы жесткости в вышеописанном этаже и три стены диафрагмы жесткости в третьем этаже, Таким образом, представляя постепенное увеличение жесткости.

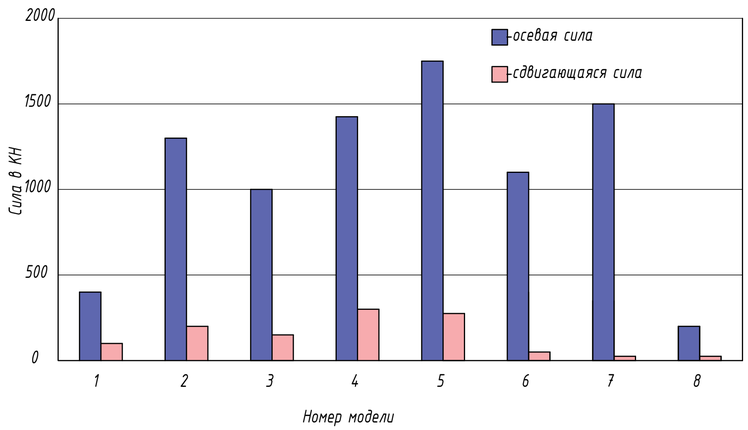
Смещение в продольном направлении по отношению к высоте (единицы в метрах)



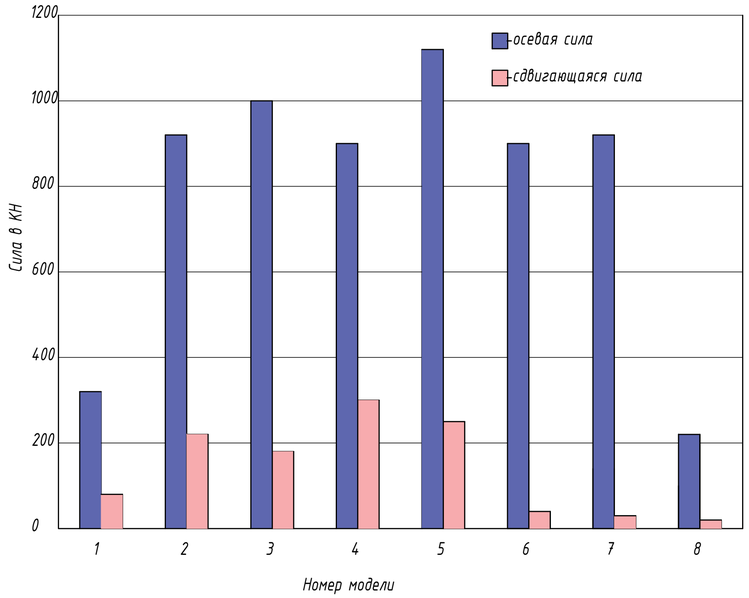
Смещение в поперечном направлении по отношению к высоте (единицы в метрах)



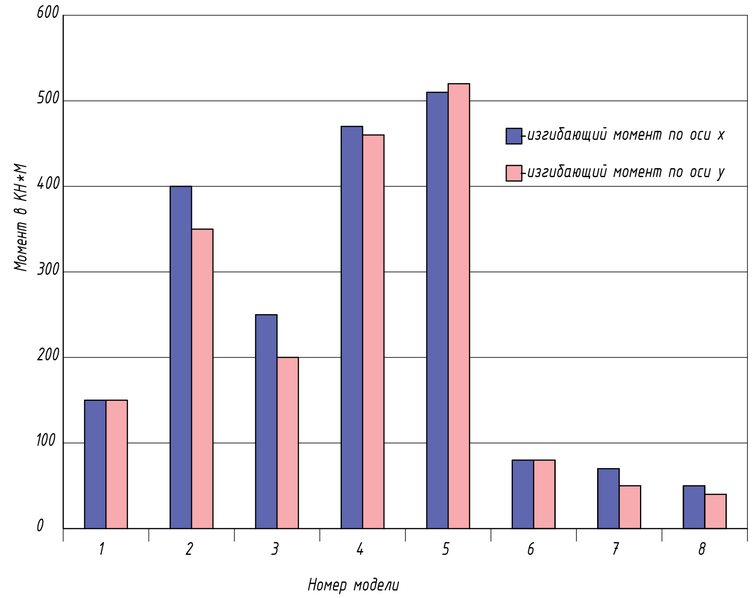
Усилия в типовой угловой колонне на первом этаже в направлении y



Усилия в типовой угловой колонне на первом этаже в направлении x



Изгибающий момент в угловой колонне в поперечном и продольном направлениях

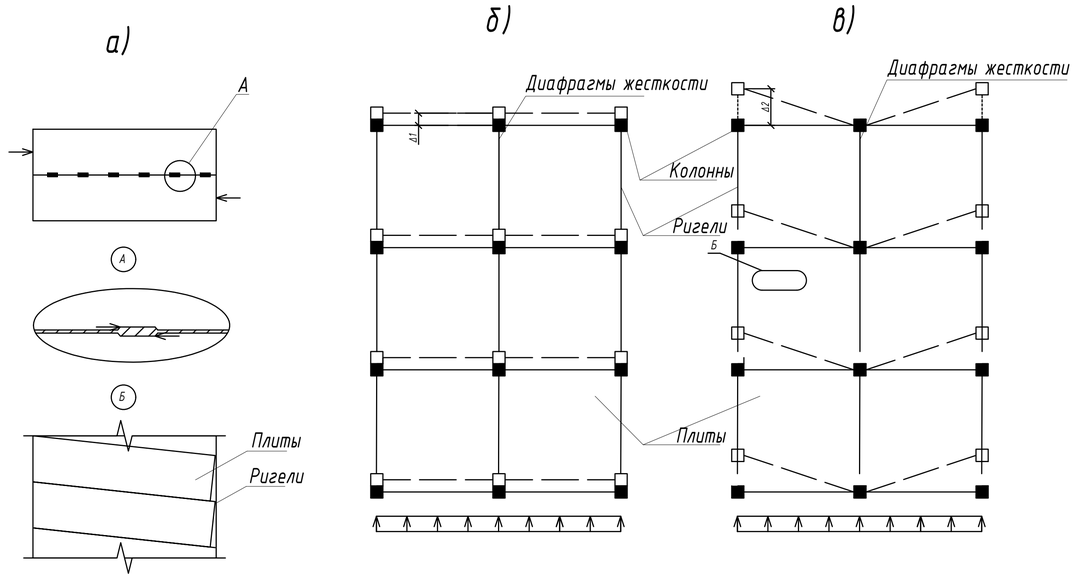


Сравнение основных периодов для выбранных моделей

№ модели	1 модальный период			2 модальный период			3 модальный период		
	T,c	Направление	Массовый коэфф. участия	T,c	Направление	Массовый коэфф. участия	T,c	Направление	Массовый коэфф. участия
1	0.90	Uy	0.83	0.88	Ux	0.83	0.79	Rz	0.83
2	0.56	Uy	0.94	0.49	Ux	0.98	0.43	Rz	0.99
3	0.48	Uy	0.88	0.41	Ux	0.94	0.30	Rz	0.95
4	0.47	Uy	0.99	0.43	Ux	0.99	0.39	Rz	0.99
5	0.44	Uy	0.85	0.35	Ux	0.90	0.29	Rz	0.94
6	0.36	Uy	0.79	0.35	Ux	0.98	0.31	Rz	0.85
7	0.41	Uy	0.77	0.32	Ux	0.84	0.22	Rz	0.83
8	0.53	Uy	0.73	0.50	Ux	0.86	0.45	Rz	0.73

Вывод: В результате проведенного расчета и анализа определено, что добавление неармированной кладочной стены оказывает неблагоприятное влияние на отклик конструкции из-за резкого заметного снижения ее основной частоты. При этом требуется оставить первый этаж только с колоннами с витражным заполнением наружных стен. Посредством тщательного анализа и приведенных примеров показано, что такое жилое здание с указанной конструктивной системой, является уязвимым, которое не поддается увеличению основной частоты и уменьшения изгибающего момента в колоннах мягкого этажа. Кроме того, результаты анализа указывают на то, что резкое изменение жесткости яруса является причиной внезапного изменения смещения, что обусловливает большую потребность в прочности для колонн первого этажа. Следует отметить, что разрушение таких зданий является катастрофическим. Крайне важно, чтобы изменение жесткости между нижним мягким этажом и верхними этажами было постепенным и никогда не было резким. Это должно регулироваться путем манипуляций со смещением стен.

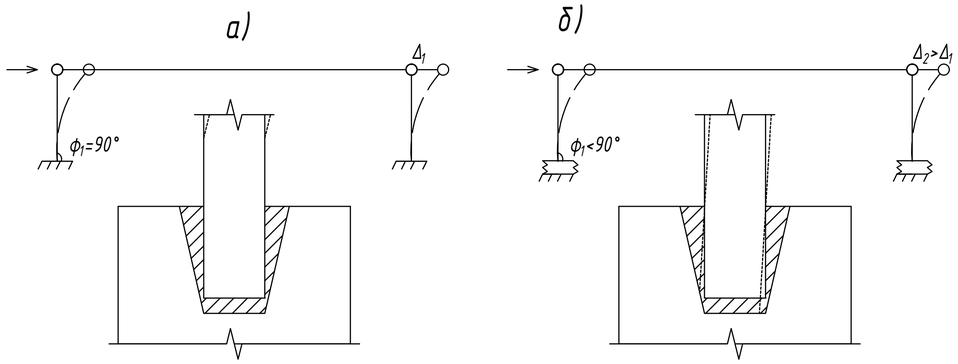
Некачественно заделанные швы между пустотными плитами перекрытий



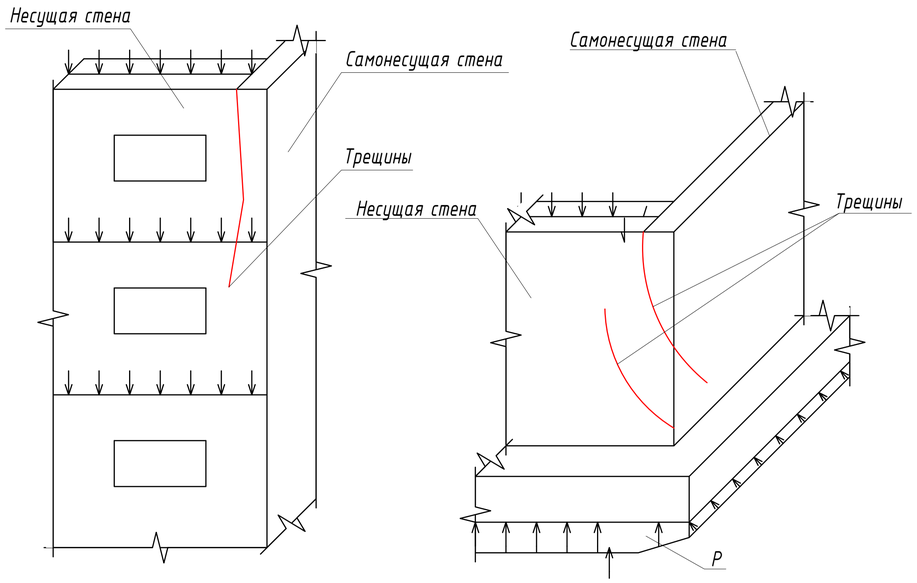
Зазоры между сборной колонной и стаканным фундаментом

Расчетная схема жесткого защемления колонн в фундаментах

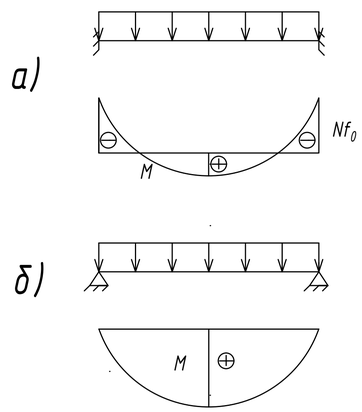
Расчетная схема промежуточного положения между жестким и шарнирным соединениями

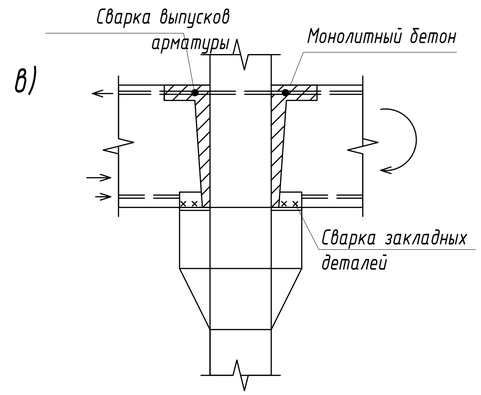


Деформации мест сопряжения продольных и поперечных стен

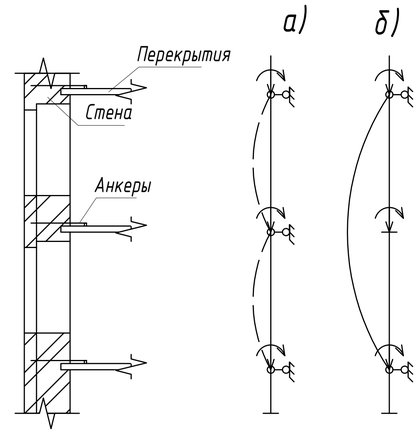


Некачественное соединение выпусков верхней продольной арматуры в смежных ригелях рамного каркаса

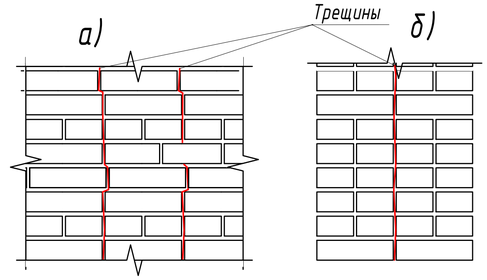




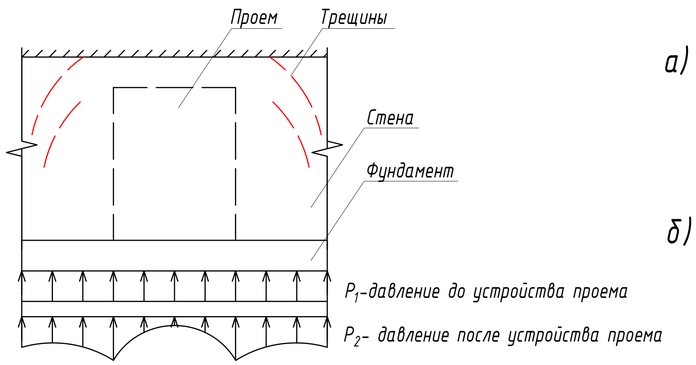
Отсутствие связи перекрытия со стенами анкерами



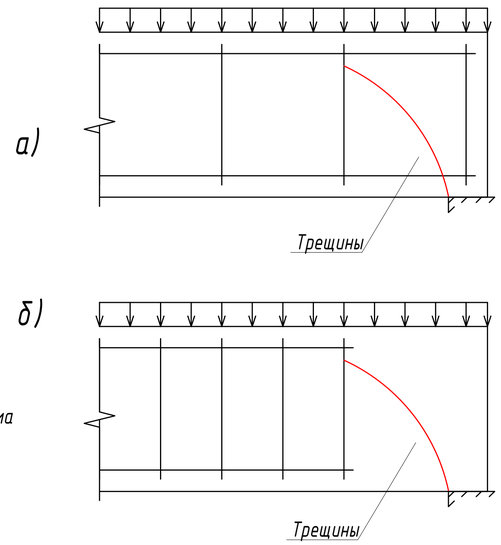
Некачественная перевязка швов в каменной кладке



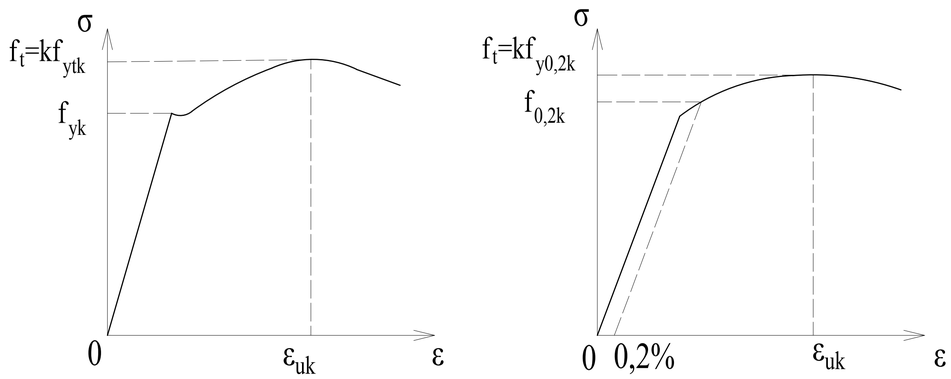
Устройство новых проемов в существующих стенах подвала



Наклонная трещина



Напряженно-деформированный стальной стержень

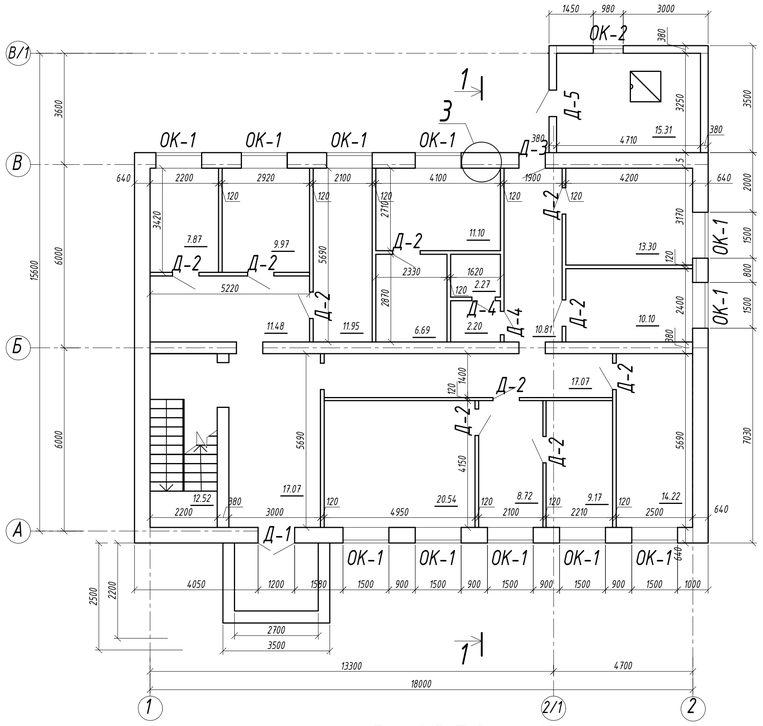


Горячекатанная сталь (низкоуглеродистая)

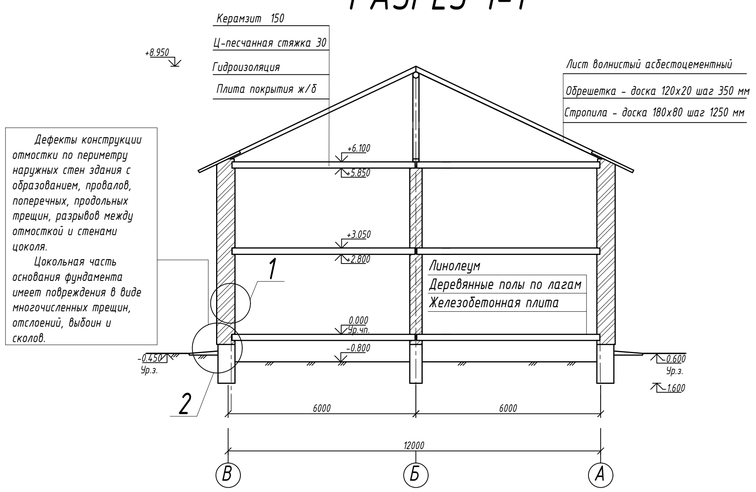
Холоднотянутая сталь

ФАСАД 2-1

ПЛАН ПЕРВОГО ЭТАЖА



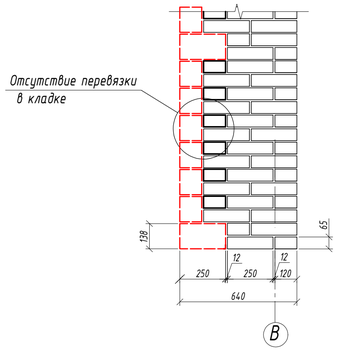
РАЗРЕЗ 1-1



Общий вид обследуемого здания (Фасад 1-2)

Общий вид обследуемого здания (Фасад 2-1)

Отслоение облицовочной кладки по оси В



Ведомость дефектов

Порядковый номер	Фотография дефекта	Описание дефекта	Рекомендации по устранению дефекта
1		Перепады и местные неровности поверхности пола первого этажа от плоскости в помещении здания достигающие 30 мм при допустимых 2 мм.	Полная замена полов в помещениях здания первого этажа.
2		Дефекты конструкции отмостки по периметру наружных стен жилого дома с образованием провалов, поперечных, продольных трещин, разрывов между отмосткой и стенами цоколя.	Усиление отмостки путем ее демонтажа и устройства новой по периметру наружных стен здания с утеплением цоколя и последующим оштукатуриванием цементно-песчаным раствором по сетке
3		Цокольная часть основания фундамента имеет повреждения в виде многочисленных трещин, отслоений, выбоин и сколов. Признаки осадочных деформаций.	Усиление существующего железобетонного фундамента железобетонной обоймой под наружными стенами обследуемого здания.
4		В конструкции наружных стен зафиксированы многочисленные трещины, выбоины, выпадение отдельных кирпичей, локальное разрушение и выветривание растовра стенового материала.	Восстановление разрушенной клаадки посредством замены выпавшего и разрушенного керамического двойного кирпича на анологичный стандартных размеров по ГОСТ 30-2012, с использованием раствора марки не ниже М50.
5		При замерах отклонений плоскости по вертикали установлены отклонения, превышающие предельно допустимые значения (величина выпучивания при проверке 2 метровым строительным уровнем составила до 50 мм).	Устройство металлической обоймы. Обойма должна быть защищена от коррозии слоем цементо-песчанного раствора толщиной 25-30 мм
6		Растрескивание и отслоение штукатурного покрытия с выпадением отдельных кусков	Оштуктуривание цементно-песчаным раствором

Заключение

В результате проведенной научно-исследовательской работы актуализированы концептуальные методики оценки износа железобетонных конструкций. Для реализации поставленной цели решены следующие задачи:

- Систематизированы виды дефектов и физического износа на примере строительных объектов Красноярского края. С позиции обобщения существующих классификаций и сущностных характеристик понятия износа произведена систематизация видов физического износа зданий с ж/б конструкциями.
- Определены факторы износа зданий с ж/б конструкциями.
- Осуществлен сравнительный анализ понятий «износ» и его видов в соответствие с Федеральными и Международными стандартами оценки (Китайский код и Еврокод) в целях их унификации.
- Проведен анализ работы железобетонных конструкций на примере здания с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам. Особенность работы заключалась в том, что при строительстве многоквартирных домов на первом этаже ограждающая конструкция выполнена из витражей, а не в виде кирпичной кладке. За счет этого центр масс смещается в сторону верхних этажей, а также меняется поведение жесткости всего здания.
- На основе проведенного анализа международных стандартов (Китайский код и Еврокод) проранжированы подходы к расчету железобетонных конструкций.
- Предложена и апробована программа испытаний железобетонных конструкций.

По материалам диссертационной работы опубликована статья в журнале по списку ВАК

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал СФУ
институт

Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н., Шибаева
подпись инициалы, фамилия
« 03 » 07 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний
тема

08.04.01 Строительство
код и наименование направления

08.04.01.03 Теория и проектирование зданий и сооружений
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель _____ к.т.н, доцент Д.Г.Портнягин
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ 30.06 А.В. Жарченко
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент исполнительный директор _____
ООО «Абаканская строительная компания"
_____ 02.07 А.К. Кайнаков
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ 02.07 к.т.н., доцент Г.Н. Шибаева
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2020

Вуз (точное название) Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Кафедра Строительство

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заведующего кафедрой Строительство
(наименование кафедры)

Шибаевой Галины Николаевны
(фамилия, имя, отчество заведующего кафедрой)

Рассмотрев магистерскую диссертацию студента группы № 38-3
Жарченко Александра Валерьевича
(фамилия, имя, отчество студента)

выполненную на тему: Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний

по реальному заказу _____
(указать заказчика, если имеется)

с использование ЭВМ: SCAD Office
(название задачи, если имеется)

Зав. кафедрой Г.Н. Шибаева _____

« 03 » 07 2020 г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал СФУ
институт

Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н. Шибаева
подпись инициалы, фамилия

« 25 » 09 2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту: Жарченко Александру Валерьевичу
(фамилия, имя, отчество студента)

Группа 38-3 Направление (специальность) 08.04.01.03
(код)

«Теория и проектирование зданий и сооружений»
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний.
Утверждена приказом по университету № 748 685 от 25.09.18 26.09.18 г.,
Руководитель МД Д.Г. Портнягин к.т.н., доцент, каф., ХТИ – филиала СФУ
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для МД: тех.паспорт на строительный объект
Перечень разделов МД: Методология экспертной оценки железобетонных конструкций. Исследовательская часть. Анализ работы железобетонных конструкций зданий с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам. Программа испытаний здания на примере объектов Красноярского края.
Перечень графического или иллюстрационного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов _____

Руководитель МД _____ Д.Г. Портнягин
(подпись) (инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению _____ А.В. Жарченко
(подпись) (инициалы и фамилия студента)

« 25 » 09 2018 г.

АННОТАЦИЯ

на магистерскую диссертацию Жарченко Александра Валерьевича
(фамилия, имя, отчество)

на тему: Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний.

Актуальность тематики и её значимость – В работе проанализированы наиболее часто встречающиеся ошибки проектировщиков и строителей. В ней не рассматриваются аварийные ситуации, которые образуются уже в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Причина такого «невнимания» кроется собственно в том, что специалисты, занимающиеся эксплуатацией, допускают, как правило, всего две ошибки – перегрузку и переувлажнение несущих конструкций или грунтов основания. При этом эти ошибки нередко спровоцированы при не рациональной или неправильной конструкцией кровли; безграмотной вертикальной планировкой; неудовлетворительной прочностью конструкционных материалов; скрытым браком исполнителей строительных работ и т.д.

Качество оформления: Магистерская диссертация выполнена с высоким качеством на ЭВМ. Распечатка диссертации сделана на лазерном принтере использованием цветной печати для большей наглядности диаграмм, графиков и схем. Разработано согласно СТО 4.2.07-2014.

Оценка достигнутого результата: Цели и задачи магистерской диссертации были достигнуты и решены.

Освещение результатов работы: Результаты исследований изложены последовательно, носят конкретный характер и отражают все этапы исследования.

Степень авторства: Магистерская диссертация выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Автор магистерской диссертации _____ А.В. Жарченко
подпись (фамилия, имя, отчество)

Научный руководитель _____ Д.Г. Портнягин
подпись (фамилия, имя, отчество)

ANNOTATION

for master's thesis Zharchenko Alexander Valerievich

subject: Research and analysis of the work of reinforced concrete and stone structures of buildings with the development of a test program.

The relevance of the topic and its significance - The paper analyzes the most common mistakes of designers and builders. It does not consider emergency situations that are already formed during the operation of buildings and structures. The reason for this "inattention" lies in fact that the specialists involved in the operation, as a rule, make only two errors - overloading and overmoistening of supporting structures or base soils. Moreover, these errors are often provoked with a non-rational or incorrect roof design; illiterate vertical layout; poor strength of structural materials; hidden marriage of construction workers, etc.

Quality of registration: The master's thesis is performed with high quality on a computer. The dissertation was printed on a laser printer using color printing for greater visibility of diagrams, graphs and diagrams. Designed according to STO 4.2.07-2014.

Assessment of the achieved result: The goals and objectives of the master's thesis were achieved and solved.

Coverage of the results: The research results are presented sequentially, are specific and reflect all stages of the study.

The degree of authorship: The master's thesis was completed by me independently. The materials and concepts used in the work from published scientific literature and other sources have links to them.

The author of the master's thesis _____ A.V. Zharchenko

Scientific adviser _____ D.G. Portnyagin

РЕЦЕНЗИЯ
НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ

Жарченко Александра Валерьевича
Хакасского технического института – филиала СФУ
кафедра «Строительство»
Выполненная магистерская диссертация на тему: «Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний»

Диссертация Жарченко Александра Валерьевича является результатом упорной работы в магистратуре по направлению «Теория и проектировании зданий и сооружений»

Магистрант показал себя грамотным специалистом, подготовленным к проведению серьезных научных исследований, о чем свидетельствует данная магистерская диссертация.

Магистерская работа является актуальной, что подтверждается необходимостью новых научных исследований в данной области. Об этом свидетельствуют сформированные научная новизна и практическая значимость магистерской диссертации.

Сформированы цель, задачи на основе анализа методологии экспертной оценки железобетонных конструкций. В работе проведен анализ работы железобетонных конструкций зданий с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам. Далее Жарченко А.В. провел сравнительный срез китайского кода GB50010-2010 и Eurocode 2. На основе полученных данных составлена программа испытаний и успешно опробована в деятельности ООО «Квазар».

Замечания: в качестве пожелания хотелось бы увидеть отличия в подходе проектирования ж/б конструкций в Хакасии и Красноярского края с позиции антисейсмических мероприятий.

Магистрант Жарченко А.В. заслуживает присвоения звания магистра по направлению 08.04.01. «Строительство» магистерской программы «Теория и проектирование зданий и сооружений», а работа по теме «Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний» оценки «Отлично»

Исполнительный директор

ООО «Абаканская строительная компания» _____ А.К. Кайнаков

03.07.2020 г.

Вуз (точное название) Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО СФУ

Кафедра «Строительство»

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

На выпускную квалификационную работу студента(ки)
Жарченко Александра Валерьевича
(фамилия, имя, отчество)
выполненную на тему: Исследование и анализ работы железобетонных и каменных конструкций зданий с разработкой программы испытаний

1. Актуальность выпускной квалификационной работы В работе проанализированы наиболее часто встречающиеся ошибки проектировщиков и строителей. В ней не рассматриваются аварийные ситуации, которые образуются уже в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Причина такого «невнимания» кроется собственно в том, что специалисты, занимающиеся эксплуатацией, допускают, как правило, всего две ошибки – перегрузку и переувлажнение несущих конструкций или грунтов основания. При этом эти ошибки нередко спровоцированы при не рациональной или неправильной конструкцией кровли; безграмотной вертикальной планировкой; неудовлетворительной прочностью конструкционных материалов; скрытым браком исполнителей строительных работ и т.д.

2. Оценка содержания ВКР Работа выполнена в полном объеме. В магистерской диссертации выполнены все разделы согласно задания: Методология экспертной оценки железобетонных конструкций. Исследовательская часть. Анализ работы железобетонных конструкций зданий с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам. Программа испытаний здания на примере объектов Красноярского края.

3. Положительные стороны ВКР В работе проведен анализ работы ж/б конструкций с помощью программного комплекса Scad Office.

4. Научная новизна

1. Произведена систематизация видов физического износа зданий с ж/б конструкциями с позиции обобщения существующих классификаций и сущностных характеристик понятия износа;
2. Проведен анализ работы железобетонных конструкций на примере здания с коммерческим первым этажом на динамическое воздействие по отечественным стандартам;
3. На основе проведенного анализа международных стандартов проранжированы подходы к расчету железобетонных конструкций;
4. Предложена программа испытаний железобетонных конструкций.

5. Замечания к ВКР не отмечено

6. Рекомендации по внедрению ВКР Материалы работы являются хорошей основой для дальнейшего использования в деятельности ООО «Квазар»

7. Рекомендуемая оценка ВКР отлично

8. Дополнительная информация для ГЭК Работа велась в соответствии с учебным графиком

РУКОВОДИТЕЛЬ ВКР _____ Д.Г. Портнягин
(подпись) (фамилия, имя, отчество)
канд. техн. наук, доцент кафедры Строительства
(ученая степень, звание, должность, место работы)

«03» 07 20 20 г.
(дата выдачи)