

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленное, гражданское строительство и городское хозяйство»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Технология строительного производства»

(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: «Совершенствование организационно-технологических решений при  
ремонте и восстановлении стен панельных зданий в сейсмически активных  
районах»

Студент

Бендер Д.П.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

А.А.Руденко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

д.э.н., к.т.н., профессор, А.А. Руденко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой ПГСигХ

к.т.н., доцент, Д.С. Тошин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Теоретические аспекты ремонта и восстановления панельных зданий серийного производства в сейсмически активных районах	8
1.1 Характеристика и классификация панельных зданий массового производства	8
1.2 Особенности сейсмических воздействий, влияющих на несущую способность здания	13
1.3 Причины возникновения дефектов в наружных ограждающих конструкциях панельных зданий в сейсмически активных районах	18
1.4 Требования нормативных документов по ремонту и восстановлению конструкций панельных зданий после воздействия сейсмических нагрузок	21
2 Анализ и оценка организационно-технологических решений при ремонте и восстановлении наружных стен панельных зданий в сейсмически активных районах	27
2.1 Анализ разрушений и деформаций строительных конструкций при воздействии сейсмических нагрузок	27
2.2 Организационно-технологические мероприятия по ремонту и восстановлению конструкций панельных зданий	33
2.3 Анализ основных факторов, влияющих на выполнение ремонтно-восстановительных работ в сейсмически опасных районах	37
2.4 Подбор оптимальных прочностных характеристик наружных ограждающих конструкций панельных зданий	42
3 Совершенствование организационно-технологических решений при ремонте и восстановлении стен панельных зданий	51
3.1 Предложения по проведению ремонтно-восстановительных работ в сейсмически активных районах	51
3.2 Методика расчета уровня сейсмического воздействия при оценке сейсмостойкости зданий	56

3.3 Оценка эффективности предлагаемых мероприятий	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	71
ПРИЛОЖЕНИЯ	75

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В настоящих условиях строительства и экономической обстановке необходимы технологии, направленные на высокие темпы и качество возведения зданий, снижение себестоимости работ. Рассматривая указанное, следует отметить, что панельные здания, по целому ряду преимуществ и причин, являются самыми распространенными из построенных ранее и эксплуатируемых в настоящее время, что в том числе наглядно можно отследить на примере г.о. Тольятти.

Причем, во многих районах земного шара, которые позиционируются как «сейсмически опасные» и «сейсмически активные» происходят землетрясения, большинство из которых имеют небольшую интенсивность или случаются в малонаселенных районах. Однако имеется и немало землетрясений, в результате которых разрушались города, населенные пункты, и отдельные панельные здания. Большое значение имеет высокое качество наружных ограждающих конструкций для обеспечения сейсмостойкости таких зданий. К таким конструкциям предъявляются высокие требования, так как они должны обеспечивать надежность, воспринимать различные нагрузки, а также выполнять защитные, изоляционные, архитектурные функции.

Актуальность темы связана с тем, что наибольшему разрушающему воздействию после сейсмических нагрузок подвержены в первую очередь стены - наружные ограждающие конструкции. В этой связи, их ремонт и восстановление, позволят в последующем эксплуатировать панельные здания по их прямому назначению.

Степень разработанности научной проблемы. Вклад в решение данной проблемы внесли Ограновский Н.Д., Алексеев К.В., Ашрабов А.Б., Блех Е.М., Будаев С.А., Валов О.Г., Гринау А.Н., Джалилов М.Ф., Джалилова Ф.Ф., Краснощеков Ю.В., Матвеева А.А., Михалков В.С., Олейников Д.П., Соколова Т.Г., Соколов Д.С., Спивак А.Н., Физдель И.А., Шрейбер К.А., Шустерман М.Я. и др.

Однако в настоящее время вопросы технологии и организации работ по ремонту и восстановлению зданий после воздействия сейсмических воздействий проработаны недостаточно.

Цель исследования - совершенствование технологии и организации работ по ремонту и восстановлению панельных зданий в сейсмически активных районах.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1. Проанализировать виды и характеристики панельных зданий серийного производства.

2. Обобщить научно-технические достижения в вопросе выполнения ремонта и восстановления панельных зданий.

3. Проанализировать особенности сейсмических воздействий на конструкции стен панельных зданий.

4. Проанализировать причины возникновения дефектов в наружных ограждающих конструкциях панельных зданий в сейсмически активных районах.

5. Разработать организационно-технологические мероприятия по ремонту и восстановлению панельных зданий

Объект исследования - наружные ограждающие конструкции панельных зданий в сейсмически активных районах

Предмет исследования – способы, методы, приемы выполнения работ по ремонту и восстановлению наружных ограждающих конструкций панельных зданий.

Теоретическая и методологическая основа диссертационной работы. Основой диссертационного исследования послужили труды российских и иностранных ученых по организации и технологии выполнения ремонта и восстановления панельных зданий, получивших повреждения в сейсмически активных районах.

Общесистемный и статический анализы, структурный синтез, моделирование, экономико-математические методы, прогнозирования,

сравнения и аналогии – используются в работе в виде методической базы исследования.

Информационную базу исследования составили труды отечественных и иностранных ученых, статистические данные по фактологической информации связанной с разрушениями и деформациями конструкций после воздействия нагрузок, а также личный анализ и расчеты.

Научная новизна результатов исследования состоит в получении новых научных понятий, в разработке научных подходов по ремонту и восстановлению наружных ограждающих конструкций панельных зданий в сейсмически активных районах.

В процессе исследования автором достигнуты новые научные результаты:

- дано авторское определение «сейсмического воздействия на наружные ограждающие конструкции»;

- дополнена классификация панельных зданий массового производства;

- произведен подбор оптимальных прочностных характеристик наружных ограждающих конструкций панельных зданий для сейсмически активных районах;

- разработаны предложения по совершенствованию организационно-технологических решений при проведении ремонта и восстановления панельных зданий.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования. Теоретическая важность разработки диссертационного исследования охватывает ряды теоретических и практических положений, которые дополняют теоретические основы процесса ремонтно-восстановительных работ.

Практическая значимость заключается в том, что отдельные положения в виде материала главы 3, могут быть использованы специалистами строительных организаций при ремонте и восстановлении стен панельных зданий при их разрушении после воздействия сейсмических нагрузок.

Апробация результатов исследования. Основные положения и выводы

диссертационного исследования изложены и опубликованы в статьях:

- В международном научно-практическом журнале «Теория и практика современной науки». Выпуск №1(19)-январь-2017, сс. 1-7. Статья «К анализу проблем и решений по реконструкции стен панельных зданий»;

- В электронном журнале "Наука и образование: новое время", рубрика "Современная наука. 05.00.00 Технические науки". Выпуск №2-март-апрель-2018, сс. 1-5. Статья «Анализ использования вентилируемого фасада для панельных зданий в сейсмически активных районах».

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка из 41 источников и 3-ти приложений. Общий объем работы 77 страниц машинописного текста.

# 1 Теоретические аспекты ремонта и восстановления панельных зданий серийного производства в сейсмически активных районах

## 1.1 Характеристика и классификация панельных зданий массового производства

Крупнопанельные постройки - важное направление развития жилищного строительства в нашей стране, большая часть которого относится к постройке новых жилых зданий. Как известно, строительство таких зданий происходит из достаточно несложных в изготовлении крупноразмерных элементов. Так же применяются объемные элементы.

В этой связи строительство использует заранее заготовленные, промышленного изготовления типовые железобетонные панели, плиты для постройки зданий различного жилого, производственного и социального назначения.

Ремонт и восстановление таких зданий рассматривается как полный процесс, направленный на уменьшение износа жилья, восстановление надежности помещений, снижение энергозатрат и увеличение ресурсосбережения, повышение плотности построек и комфортности проживания [11, с.144].

Как показывает практика, строительство крупнопанельных зданий по стоимости на 12% ниже чем, например, стоимость кирпичных зданий, общие затраты труда - на 20-25 %, продолжительность строительства — в 1,5-2,5 раза.

Такое строительство в общественной практике часто используется при наличии двух главных факторов:

1. В наличии имеется сырьевая основа - энергетика и ресурсы для производства.

2. Групповая подготовка строительных площадок, требует специальных технических решений.

Стоит отметить, что невозможно строительство зданий без наличия дорог, по которым будут производиться грузоперевозки строительных конструкций. Важной особенностью является организация проездов вдоль возводимого здания, а также использование на площадках массивных кранов (грузоподъемность более 16 тонн, вылет стрелы достигает более 30 м) [3, с. 342].

Быстрая сборка - важная положительная характеристика панельных зданий. Поэтому необходимо обратить внимание на уровень отделочной готовности элементов конструкций. Если он будет высок, то дополнительно не потребуются траты на отделку.

В целом качество заводских конструкций и их элементов должно превосходить качество изготовления изделий на площадке.

В настоящее время достаточно быстро происходят технологические изменения производства, а также совершенствуются конструктивные решения панельных зданий. Вследствие этого, на рынке строительства повышается конкурентоспособность, что требует применения таких материалов и технологий, которые бы повышали свойства продукции, уменьшали не только допуски геометрических отклонений изделий, но и понижали прямые и косвенные затраты.

Наиболее оптимальным вариантом является использование уже готовых решений фасадной отделки в производственных условиях. В этой связи, производство может быть ограничено лишь параметрами веса и габаритами транспорта при доставке.

В современных технологических условиях существенные качества панельных строений стали применимы как для массового строительства, так и для частного жилищного домостроения.

Выработанный опыт европейских стран в малоэтажном строительстве с применением панелей допускает использование новых технологий не только лишь для производства панелей, но и в проектно-конструкторских решениях, а также при монтаже зданий.

Основными видами возводимых панельных зданий в настоящее время считаются каркасные и бескаркасные здания с несущими стенами из железобетона.

Здания, не имеющие каркаса, строятся из небольшого количества сборных элементов. При этом, они легки в монтаже и чаще применяются при массовом строительстве жилья.

В таких зданиях наружные и внутренние стены воспринимают все нагрузки, действующие на здание [2, с.301]. Пространственная жесткость и устойчивость обеспечивается взаимной связью между панелями стен и перекрытий.

Рассмотренное выше, позволяет вывести следующие конструктивные схемы:

- с полным поперечным каркасом;
- с полным продольным остовом;
- пространственный каркас;
- с неполным каркасом
- несущими наружными стенами;
- с опиранием плит перекрытия;
- безригельный вариант;
- с опиранием панелей на внешние панели по внутреннему ряду.

Таблица 1.1- Классификация серии панельных домов 5 этажей

№ п/п	Наименование серии	Краткая характеристика	Недостатки
1	Серия дома 1-335с	Большие, во всю высоту панели, окна из 4-х горизонтальных створок на лестнице, торцы из 4-х панелей с двумя рядами окон	Крайне низкая теплоизоляция внешних ограждающих стен, тонкие межкомнатные перегородки
2	Серия дома ОД-4	Многосекционные Хрущёвки, наружные стены: навесные бетонные панели. Перегородки: тонкостенные ребристые панели (межквартирные – 8 см, межкомнатные – 4 см). Перекрытия – из 2-х ребристых железобетонных панелей.	Маленькие совмещенные санузлы, тонкие межкомнатные перегородки, плохая тепло и звукоизоляция
3	Серия дома 1-466	Относится к «Хрущевкам». Межкомнатные перегородки из железобетонных панелей, перекрытия из железобетонных плит толщиной 22 см, фасады окрашиваются в произвольные цвета - желтый, бежевый, светло-бордовый и пр.	Не отличается удобством из-за непрочных стен и плохо заделанных межпанельных швов.

№ п/п	Наименование серии	Краткая характеристика	Недостатки
4	Серия дома 1-515/5	Наружные стены – шлакокерамзитобетонные панели толщиной 40 см. Внутренняя центральная продольная стена может быть как панельной, так и кирпичной, и блочной. Толщина панелей поперечных несущих стен – 18 см. Межкомнатные перегородки – однослойные прокатные железобетонные панели толщиной 8 см.	Промерзание торцевых стен, вход в кухню через комнату в 1-комнатных квартирах некоторых домов
5	Серия дома 1605-АМ/5	Окна на лестницах, идентичные 2-створчатым окнам в квартирах. Также отсутствует чердак, а в торцах расположены по 2 ряда окон без балконов	Непрочные внешние стены, невозможность существенной перепланировки
6	Серия дома II-32-130	Окна кухонь 2-х соседних квартир, расположенны в одном шаге (панели), по торцевым стенам из 4-х панелей, отсутствие балконов	Разрушающиеся с течением времени внешние стены

№ п/п	Наименование серии	Краткая характеристика	Недостатки
7	Серия дома П-35	Квадратные вентиляционные отверстия в торцах панелях крыш, отсутствие балконов, а также широкие, на 2-3 окна, фасадные панели. Наружные трехслойные стены общей толщиной 26 см.	непрочные внешние стены и элементы их крепления, невозможность существенной перепланировки

Как следует из таблицы 1.1 состояние конструкций данных зданий вызывает опасение. Указанным в таблице данным сериям зданий требуются восстановление и ремонт.

## 1.2 Особенности сейсмических воздействий

Сейсмостойкое строительство — это направление строительства, осуществляемое в районах, наиболее подверженных землетрясениям, с учётом влияния сейсмических сил на здания.

За последние 25 лет в нашей стране произошло около 30 существенных, силой не менее семи баллов по шкале Рихтера, землетрясений. В зонах потенциальных разрушительных землетрясений России проживает около 20 миллионов человек [27, с.221].

Как известно, 20% земли РФ относится к сейсмоактивным районам (в том числе 5% территории подвержено крайне опасным 8-10-балльным

землетрясениям).



Рисунок 1.1 – Стихийные бедствия, произошедшие за последние 25 лет [30]

От землетрясений чаще всего страдают люди, проживающие в Дальневосточном районе России. Тихоокеанское побережье РФ располагается в одной из самых "горячих" зон. В областях Курило-Камчатской и Алеутской случается более трети землетрясений, и присутствуют более 30 активных вулканов, например, Ключевская сопка и Шивелуч [35, с.3-5].

Согласно [35, с.6-9] в указанных зонах, достаточно большое распределение действующих вулканов на Земле. Ученые по сейсмологии выявляют около 240 зарегистрированных землетрясений в год.

Стоит отметить, что на карте сейсмического районирования РФ такие территории как Восточная Сибирь, Прибайкалье, Бурятская Республика имеют 7-9-балльную активность. Камчатка, Сахалин и Курильские острова имеют интенсивность около 8 и даже 9 баллов. Такой же силы могут быть и разрушения.



Рисунок 1.2 –Характер разрушений части крупнопанельного здания после землетрясения [38]

Кроме этого есть шанс возникновения землетрясений в тех районах, которые не имеют сейсмической активности. К примеру, в Калининграде зарегистрированы две серии подземных толчков мощностью 4-5 баллов. Хотя по картам районирования РФ, данная область относится к сейсмобезопасной территории.

Возможность превышения интенсивности таких толчков составляет 1,1 % на протяжении 50 лет.

Даже на территории Москвы и Московской области происходили сейсмические события силой 3-4 балла 1977, 1986, 1990 годов.

Землетрясения считаются опасными, если их активность достигает 7 и более баллов. Если же интенсивность землетрясений не превышает 6 баллов, то осуществление специальных антисейсмических мероприятий не предусматривается. Уровень сейсмичности районов можно определить по

картам сейсмического районирования. Интенсивность землетрясений оценивается по ГОСТ Р 57546-2017.

При этом, следует отметить, что строительство на территории с сейсмичностью более 9 баллов, весьма неэкономично. По нормам, районы сейсмичности ограничены 7—9-баллами. Гарантия безопасности зданий во время земных толчков требует больших затрат на антисейсмические мероприятия, а порой вообще неосуществима. По нормам возможны повреждения частей конструкций, не представляющих опасности для людей или целостности оборудования, в связи с тем, что особенно сильные землетрясения происходят редко.

Так же необходимо учитывать свойства грунтов, находящихся на данной территории. От этих характеристик будет зависеть вероятность сейсмического воздействия на панельные здания. Например, прочные скальные грунты, наиболее часто встречаются в сейсмически активных районах. Крайне выветренные и нарушенные геологическими процессами породы присутствуют реже.

В районах с сейсмической активностью к строительству предъявляют особые требования, изложенные в СНиПах. При построении зданий в сейсмических районах, следует применять конструктивные решения, позволяющие до минимума уменьшить сейсмические нагрузки. Применяют симметричные конструктивные схемы, легкие ограждающие конструкции.

При проектировании зданий производят не только расчет на стандартные нагрузки (вес, временные и прочее), но и проводятся расчеты на воздействие действующих горизонтально сейсмических сил [33, с.467].

В каждой секции здания требуется соблюдать жесткость и симметричность расположения несущих вертикальных конструкций. Максимальные размеры зданий с различными типами несущего остова приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2- Размеры зданий с разными видами каркаса

№	Несущие конструкции зданий	Размеры по длине (ширине), м			Высота (число этажей), м		
		7	8	9	7	8	9
1	Стены крупнопанельные	80	80	60	39(12)	39(12)	39(9)
2	Стены из вибрированных кирпичных панелей или блоков	80	80	60	23(7)	20(6)	14(4)
3	Стены из кирпичной или каменной кладки	80	80	60	14-17 (4-5)	11-14 (3-4)	8-11 (2-3)

Сейсмически опасные районы разделяют на зоны с однотипными сейсмическими воздействиями. Расчет, как и проектирование, производят на конкретные сочетания нагрузок с учетом сейсмических влияний, определяемых инструментальными записями ускорений и рассчитанных акселерограммами [31, с. 68].

Сейсмически опасные районы делятся на зоны с однотипными воздействиями, по которым составляют карты сейсмического районирования.

«Для проведения анализа конструкций при сейсмическом воздействии рассчитывают модель и дают оценку показателей риска» [6, с.748].

### 1.3 Причины возникновения дефектов в наружных ограждающих конструкциях панельных зданий в сейсмических активных районах

В зданиях крупнопанельного домостроения, есть следующие минусы:

- 1) недоработка ограждающих стен панельных зданий, соединение элементов конструкций, таких как стыки;
- 2) ошибки, допущенные при изготовлении элементов конструкций;
- 3) несоблюдение технических требований, СНиПов;
- 4) непродуманная организация производства, несоблюдение технологии возведения здания.

«Устранение данных и других недостатков, которые возникают в панельных зданиях, может стать крупной проблемой по причине ухудшения условий жизни людей» [8, с.268].

В работах [27, с.221], специалисты вынесли наиболее важные дефекты конструкций, такие как:

- промерзание участков;
- отколы и расслоение бетона;
- коррозия и деформация арматуры;
- отслоение участка бетона;
- трещины в панелях.

«За краткосрочный период, возможна усадка стеновых панелей, сдвиг конструкции, неравномерные осадки, даже при условии, что при возведении здания стыки между панелями обязательно герметизируются» [28].

Исходя из представленного на рисунке 1.3, учеными были выделены основные проблемы крупнопанельных домов различных массовых серий. Из 70 % исследованных домов, основные проблемы были связаны с неудовлетворительным состоянием наружных стеновых панелей[8].

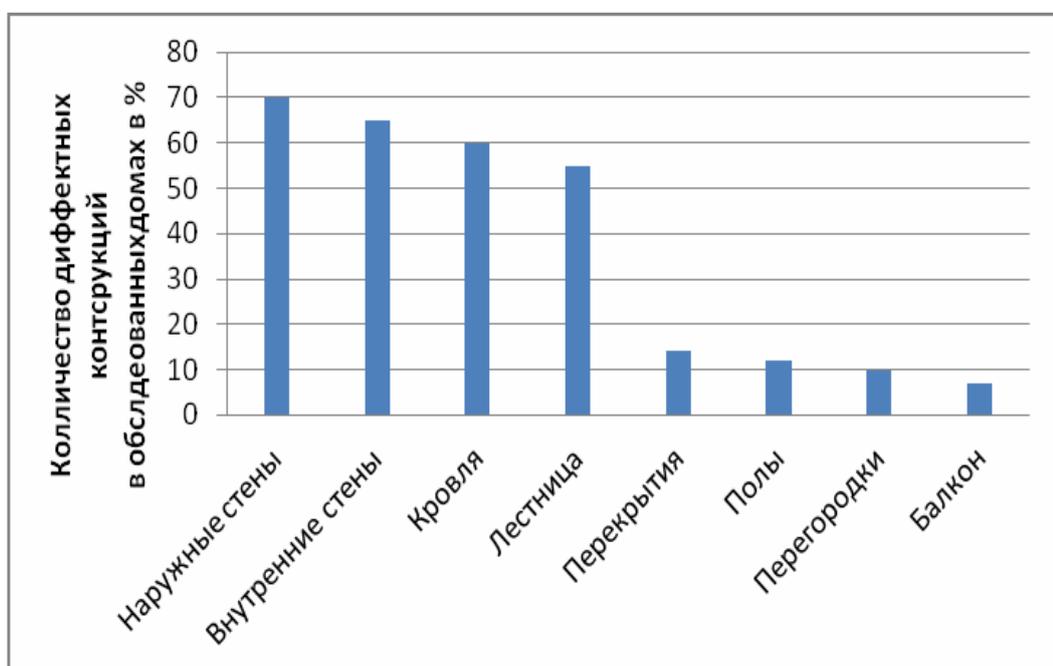


Рисунок 1.3 – Распределение дефектных элементов в пятиэтажных панельных зданиях [37]

В таких условиях в стенах здания могут возникнуть биоповреждения, которые могут явиться причиной заболеваний людей, живущих или работающих в них. Некоторые из грибковых токсинов обладают канцерогенными свойствами. Результатом токсического грибкового воздействия могут быть утомление, головные боли, снижение работоспособности. Экономические потери общества при биоповреждениях зданий складываются из расходов на их ремонт, оплаты стоимости трудопотерь, связанных с заболеванием, и затрат на обследование и лечение больных.

Предотвращение подобных недостатков позволяет решить достаточно серьезную проблему, повышающую условия проживания людей и их качество жизни в таких зданиях.

Повреждения конструкций устанавливаются по характерным и детальным признакам, а степень неисправности - путем оценки количественных и качественных параметров. Например, «торцы прогона утепляют шлаковатой.

Вертикальный шов между стеновыми панелями с обеих сторон конопатится жгутом из просмоленной пакли и заливается раствором на расширяющемся цементе. Панели наружных стен соединяются между собой сваркой металлических накладок, которые являются опорными местами для поперечных прогонов междуэтажных перекрытий» [33].

Под действием ряда агрессивных факторов в полимерах протекают различные физико-механические процессы, ведущие к изменению их свойств.

При наличие в воздухе влаги с примесями соли и газов, данная агрессивная смесь может повлиять на нарушение адгезии, а также на деформативность стен панельных зданий.

Такие материалы, как герметик, находятся в швах панелей. Он подвержен химическому старению под действием кислорода воздуха, деструкции при облучении солнечным светом, воздействию влаги и многократным деформациям. В стыке панелей на герметик могут повлиять такие факторы среды, как обледенение, а также растяжение-сжатие от температурных колебаний и изменений влажности воздуха.

Таким образом, можно утверждать, что на выявление дефектов влияет не один фактор, а суммарное их воздействие. Заметное влияние одного фактора может активно вызывать усиление воздействия прочих факторов.

При снижении несущей способности конструкций степень неисправности и возможность их восстановления приведены ниже в таблице 1.3.

Таблица 1.3-Уровень разрушения конструкций [9]

Уровень дефекта	Понижение несущей способности, %	Способы восстановления
Малозаметный	0-5	Не требуется

Крайне слабый	До 20	Восстановление и небольшой ремонт
Слабый	До 30	Восстановление и капитальный ремонт
Крайне сильный	До 45	Замена отдельных комплектующих.
Окончательное разрушение	Свыше 45	Демонтаж и усиление конструкций

В настоящий период допускаются следующие основные причины повреждений и дефектов строительных конструкций панельных зданий [1, с.85-91]:

- неравномерные осадки фундаментов,
- неверный анализ геолого- и гидрогеологических условий в процессе эксплуатации и при перегрузках;
- аварии техногенного и природного характера;
- механические дефекты;
- упущения при проектировании, производстве и монтаже изделий;
- разрушение бетона и арматуры;
- влияние высоких температур;
- биологические действия;
- технологические протечки.

#### 1.4 Требования нормативных документов по ремонту и восстановлению конструкций панельных зданий после воздействия сейсмических нагрузок

Города и различные населённые пункты состоят из комплекса разных по назначению, объемно-планировочному и конструктивному исполнению зданий и сооружений, выполняющих различные функции: производственного, жилого, административного, социально-культурного назначения.

Поддержание зданий и сооружений в исправном, пригодном для использования по назначению состоянии является одной из важных задач руководителей организаций, обеспечивающих оперативное управление такими объектами, и главной задачей для жилищно-эксплуатационных и других ремонтно-восстановительных служб.

На территории Российской Федерации основным нормативным документом, регламентирующим проектирование и строительство зданий в сейсмически опасных районах, является свод правил СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах» СНиП II-7-81\*.

Проектирование и строительство зданий и сооружений на таких площадках осуществляется только в порядке, установленном уполномоченным федеральным органом исполнительной власти. Указанный ранее СП утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 18 февраля 2014 г. №60/пр и введен в действие с 1 июня 2014 года.

Проектирование зданий, возводимых в районах сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов по шкале МБК-64, производится на основании требований СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*. -М.,2011» [32].

В тех районах, где сейсмичность строительной площадки превышает 9 баллов, возводить здания, из условий безопасности и экономической целесообразности не допускается.

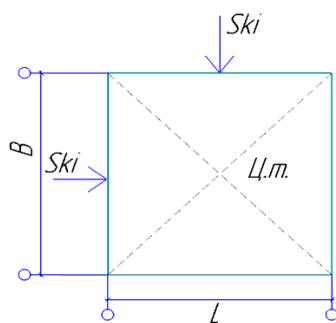
Проектирование зданий в сейсмических районах осуществляется с учетом основных требований [32]:

1. Строительные материалы, конструкции и конструктивные схемы применяются такими, при которых обеспечивается снижение значений сейсмических нагрузок.

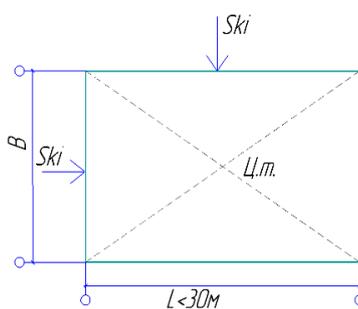
2. Объемно-планировочные и конструктивные решения зданий принимаются из условия обеспечения симметричных конструктивных схем.

Простейшие симметричные геометрические формы схем зданий в плане приведены на рис 1.4.

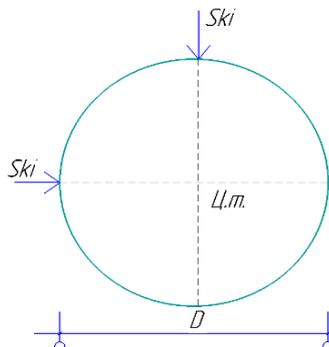
а)



б)



в)



г)

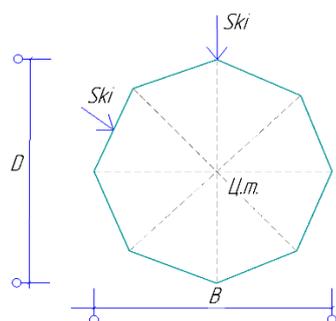


Рисунок 1.4 - Простые симметричные геометрические формы схем зданий в плане с векторами приложения сейсмических сил:

а - квадратная; б - прямоугольная; в - круглая; г - многоугольная

3. Предпочтение отдается конструктивным остовам и системам зданий, выполненным из монолитных строительных конструкций. При проектировании конструкций в зданиях из сборных элементов монтажные узлы стыков располагаются вне зоны максимальных усилий ( $M_x$  - изгибающий момент;  $N_x$  - продольная сила;  $Q_x$  - перерезывающая сила). Кроме того, предусматриваются конструктивные мероприятия, обеспечивающие монолитность, однородность и непрерывность конструкций с применением укрупненных сборных элементов.

4. С целью обеспечения общей устойчивости зданий исключается применение конструктивных решений. Если расчет, конструирование и проектирование не существующего остова (каркаса) здания или сооружения выполнены в соответствии с требованиями СП 14.13330.2014, то расчет на прогрессирующее обрушение зданий и сооружений не выполняется.

5. Проектирование высотных зданий высотой более 75 м и небоскребов высотой более 100 м, сооружений с пролетами более 50 м и других уникальных зданий и сооружений осуществляется при обязательном научном сопровождении и непосредственном участии специализированных научно-исследовательских организаций».

6. Интенсивность и повторяемость сейсмического воздействия в баллах для конкретного района строительства принимается на основе комплекта карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2015).

Следует отметить, что данный комплект карт сформирован с учётом моделирования вероятности наиболее возможных землетрясений и других сейсмических событий и отражает:

- 10%-ю вероятность землетрясения по карте «А»;
- 5%-ю вероятность землетрясения по карте «В»;
- 1%-ю вероятность землетрясения по карте «С».

В приложении приведен комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2015).

Список населенных пунктов РФ, расположенных в сейсмических районах, с указанием расчетной сейсмической интенсивности в баллах для средних грунтовых условий и трех степеней сейсмической опасности - А (10%), В (5%), С (1%) в течение 50 лет приведен в СП 14.13330.2014.

Решение о выборе карты из комплекта ОСР-97 принимается ответственными представителями организации - заказчика по представлению генерального проектировщика.

На предпроектной стадии, по техническому заданию осуществляются инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания на площадке строительства. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания проводятся на основании сейсмического микрорайонирования, которое является составной частью инженерных изысканий.

Эти исследования и изыскания позволяют установить достоверную количественную оценку сейсмичности площадки строительства.

Выбор строительной площадки является важным этапом в инвестиционном строительном процессе. Многолетним опытом строительства установлено, что строительные площадки с крутизной склонов более 15°; сильной нарушенностью пород физико-геологическими процессами; просадочностью грунтов; оползнями; горными выработками; в сейсмическом отношении, являются неблагоприятными площадками.

В том случае, если возникает необходимость строительства зданий на таких площадках, то предпринимаются меры по укреплению их оснований и усилению конструкций зданий (вспомогательное армирование, сейсмопояса, связи).

Эффективным методом защиты зданий или сооружений считается применение систем пассивной или активной сейсмоизоляции. При этом практикуется использование одного или нескольких типов сейсмоизолирующих или демпфирующих устройств. Использование конкретного типа сейсмоизоляции здания определяется специалистами на стадии проектирования в зависимости от конструктивного решения, вида строительства, а также от сейсмологических и грунтовых условий площадки.

Пассивная и активная сейсмоизоляция как метод защиты зданий от сейсмических воздействий, являются относительно новыми системами, требующими более глубокого изучения и практической апробации временем.

Поэтому СП 14.13330.2014 регламентирует выполнение при обязательном научном участии, проводимой специальной командой специалистов, имеющей опыт применения сейсмоизоляции.

## 2 Анализ и оценка организационно-технологических решений при ремонте и восстановлении наружных стен панельных зданий в сейсмических активных районах

### 2.1 Анализ разрушений и деформаций строительных конструкций при воздействии сейсмических нагрузок

В крупнопанельных зданиях наиболее ответственными являются места стыковых соединений панелей между собой и с перекрытиями.

В целом крупнопанельные здания считаются достаточно сейсмостойкими. Например, при Спитакском землетрясении 1988 г. было отмечено, что на одной и той же площадке каркасные здания были полностью разрушены, в то время как крупнопанельные практически не получили повреждений.

Когда связи стыковых соединений недостаточны или полностью отсутствуют, отмечаются случаи взаимного смещения панелей, раскрытия вертикальных стыков, отклонение панелей от первоначального положения и даже обрушения.

Отмечается образование сквозных и несквозных трещин небольшой ширины, трещины в вертикальных и горизонтальных стыках [10, с.475].

Дефекты панельного строительства можно разбить на три вида, такие как:

- изготовление конструкции;
- монтаж;
- техническая эксплуатация.

Своевременное проведение предупредительных ремонтов позволяет приостановить либо существенно снизить скорость разрушения.

Рассмотрим детально причины возникновения повреждений стен зданий,

Таким образом, все воздействия подразделяются на агрессивные воздействия внешней среды, воздействия, возникающие в результате аварий,



Рисунок 2.1-Причины возникновения дефектов в здании

классифицировав их по характеру воздействия, а также негативные воздействия, которые они влекут за собой. Данные приведены ниже в таблице.

Таблица 2.1-Дефекты стен и способы их восстановления стихийных бедствий

№	Повреждения, его место, способ обнаружения	Возникновение и метод выявления дефекта	Последствия и меры по предупреждению
1	Расхождение швов стен с выпадением раствора	Неравномерные осадки стен, аварийные ситуации, вибрации, сейсмическое влияние. Выявляется данный дефект визуальным способом.	Низкая несущая способность, долговечность. Пониженные эксплуатационные свойства стен. Устранить можно с помощью восстановления трещин и герметизации швов.
2	Отклонение стен от вертикали, выпучивание	Неравномерные осадки стен, аварийные ситуации, вибрации, сейсмическое влияние. Нарушение анкеровки с перекрытиями и стенами. Выявляется данный дефект визуальным способом.	Низкая несущая способность, долговечность. Снижение характеристик стен. Устранить можно с помощью восстановления трещин и герметизации швов.
3	Трещины по вертикали в стенах снаружи	Отслоение защитного слоя. Выявляется данный дефект визуальным способом.	Снижение несущей способности. Устранить можно с помощью заделки трещин и усиления по расчету
4	Наклонные трещины в стенах	Неравномерные осадки наружных и внутренних стен, нарушение анкеровки в стыковочных узлах, перегрузки, смещение осей. Выявляется данный дефект визуальным способом.	Снижение несущей способности и эксплуатационной пригодности. Устранение причин. Заделка трещин и усиление по расчету

5	Трещины в местах сопряжения стен	Перегрузки, осадки, разрывы анкерных связей, динамические и сейсмические влияния.	Снижение несущей способности и эксплуатационной пригодности, жесткости. Усиление по расчету
6	Выдавливание наружных панелей и блоков	Горизонтальные динамические нагрузки, избыток внутреннего давления внутри помещений при взрывах, нарушение стыковочных узлов. Выявляется данный дефект визуальным способом и с использованием инструментов.	Снижение устойчивости. Усиление по расчету
7	Короткие трещины под опорами плит	Неравномерные осадки, смещения при монтаже, перегрузки, воздействие динамических нагрузок. Выявляется данный дефект визуальным способом и с использованием инструментов.	Снижение устойчивости. Усиление по расчету
8	Разрушение герметизации швов между панелями	Температурно-влажностные деформации, ошибки при строительстве.	Снижение пригодности. Заделка швов раствором и восстановление герметизации

Влияние тех или иных воздействий в значительной степени зависит от климатического района. Их выявление помогает в выборе материалов и конструкции стен панельных зданий.

Ухудшение состояния стен происходит неравномерно по их площади. С ростом физического износа ухудшается сопротивляемость негативным воздействиям.

Изнашивание зданий происходит постепенно, конструкции теряют свои изначальные качества и прочность. Определить срок службы достаточно

сложно, так как результат зависит от большого количества факторов, влияющих на износ.

Стоит отметить, что во время срока службы здания элементы подвергаются восстановлению и ремонту. Частота таких работ зависит от прочности материалов, а также от влияния среды и прочих причин.

Срок службы здания устанавливают после реализации технических мероприятий по эксплуатации зданий. Приблизительные сроки службы конструкций вычисляются согласно «Рекомендации по определению сроков службы конструкций жилых зданий».

Систематизация сведений о дефектах, повреждениях, их причин и последствий позволяет установить взаимосвязи между ними. Недостаточно изучены и описаны варианты одновременного или чередующегося влияния и наложения нескольких факторов.

Неправильно подобранная конструкция стен, используемые материалы, сокращают промежутки между капитальными ремонтами и способствуют более быстрому износу конструкций.

Согласно ВСН 53-86р [12] определены следующие этапы износа стен из несущих панелей.

Таблица 2.2– Характеристики износа стен

№	Вид повреждения	Оценка	Износ %	Вид ремонта
1	Повреждение частей выступающих частей фасада, местами мелкие выбоины	Повреждения на площади до 4%	0-10	Необходима заделка выбоин
2	Трещины, выветривание раствора, небольшие повреждения облицовки или фасадного слоя, следы протечек через стыки внутри здания	до 8%	11-20	Ремонт облицовки и заделка стыков

№	Вид повреждения	Оценка	Износ %	Вид ремонта
3	Крупное отслоение, выветривание раствора, повреждение облицовки или слоя панелей, следы протечек внутри здания	Повреждения на площади до 18%	21-30	Ремонт и восстановление облицовки фактурного слоя, герметизация стыков
4	«Промерзание стен, разрушение заделки стыков» [19]	Промерзание в 5% помещений	31-40	Ремонт и герметизация стыков, утепление стен
5	Следы протечек внутри помещения, высолы	наружные повреждения до 30%	41-50	Смена облицовки, ремонт панелей
6	«Выпучивание или смещение панелей, разрушение узлов крепления панелей» [19]	Прогиб панели до 1/200 ее длины	51-60	«Выравнивание и укрепление панелей, устройство дополнительных связей, с несущими конструкциями» [19]
7	Деформация стен, смещение панелей, трещины в панелях, разрушение узлов	Прогиб панели более 1/200 ее длины	61-70	Полная замена панелей и усиление каркаса

В ряде конструкций предлагается устраивать на различных по высоте уровнях стен специальные антисейсмические пояса. «Как правило, такие пояса

устраиваются в нижней и верхней зонах стен и являются достаточной гарантией неразрушимости при небольших по силе сейсмических воздействиях» [10, с.475].

Таблица 2.3- Антисейсмические пояса в панельных зданиях

№	Признаки износа	Дополнения к физическому износу стен
1	Мелкие трещины шириной до 1 мм в узлах сопряжений. Нарушения фактурного слоя на площади до 20% всей поверхности	10
	То же, на площади более 20	15
3	Отслоение защитного слоя бетона и трещины на площади до 50% всей осмотренной поверхности. Деформация участков	30
4	Трещины шириной более 2 мм, отслоение защитного слоя, оголение арматуры, местами налет коррозии, разрывы отдельных стержней	40

Все эти недостатки можно устранить в процессе проведения ремонта и восстановления зданий, что довольно весомо доказано в работах многих авторов [14, с.34].

## 2.2 Организационно-технологические мероприятия по ремонту и восстановлению конструкций панельных зданий

Обеспечение безопасности при землетрясении в зданиях является комплексной задачей. Основная ответственность в решении этих задач ложится на плечи проектировщиков, которые на стадии предпроектного анализа должны

предусмотреть такие решения, которые при заданном уровне затрат обеспечили бы максимальную безопасность здания и окружающей среды.

Вопросом о восстановлении и ремонте зданий после землетрясений занимались многие ученые, что связано с особым видом разрушений.

«Вообще ремонту должны подвергаться только сменяемые конструкции, срок службы которых менее нормативного срока службы несменяемых конструкций. В свою очередь, несменяемые конструкции при наличии физического износа должны подвергаться регенерации, т.е. процессам, обеспечивающим восстановление несущей и эксплуатационной способности. В результате использования новых материалов и технологий восстановительные работы могут существенно повысить уровень надежности и долговечности конструкций и здания в целом» [7, с.169].

Опыт эксплуатации зданий показывает, что технический срок службы превышает нормативные значения, которые являются в некотором смысле условными. Об этом свидетельствуют различные нормативные сроки для одинаковых конструкций различных стран.

Статистическая обработка результатов исследований зависимости процента износа от продолжительности эксплуатации зданий первых массовых серий показала, что интенсивность старения зависит от конструктивной схемы, применяемых материалов и конструкций, а также от характера эксплуатации и планомерности проведения ремонтных работ. Так, для зданий с панельными стенами период времени до постановки на капитальный ремонт составляет 15-20 лет, до проведения текущего ремонта - 3-5 лет.

Жизненный цикл зданий возможно повысить при выполнении элементарных требований по их эксплуатации.

Оценка степени износа конструктивных элементов, их несущей способности и ограждающих функций является достаточно сложной и трудоемкой задачей и требует инженерных методов диагностики.

Физический износ оценивается, как правило, методом натуральных обследований.

«Оценка степени физического износа по общей характеристике технического состояния приведена в таблице 2.5. Рассматриваются четыре степени физического износа и примерная стоимость восстановительных работ. Несвоевременное восстановление несущей способности конструктивных элементов, как правило, приводит к росту стоимости восстановительных работ, иногда превышающей стоимость самих конструкций» [1].

Таблица 2.4-Оценка степени физического износа по материалам визуального и инструментального обследования

Износ , %	Оценка технического состояния	Общая характеристика технического состояния	Стоимость работ, % и конструкт. элементов
0-20	Хорошее	Повреждений и превышающих деформаций нет. Имеются отдельные дефекты, устраняемые ремонтом	До 10
21-40	Удовлетворительное	Конструктивные элементы пригодны для эксплуатации, но требуют ремонта	15-30
41-60	Неудовлетворительное	Эксплуатация конструкций возможна при условии восстановительных работ	40-80
61-80	Плохое	«Состояние конструктивных элементов аварийное. Необходимы меры безопасности и полная замена конструкций» [22]	90-120

Экономическая целесообразность восстановления жилых зданий может быть установлена путем сравнения расходов на восстановление с затратами на строительство нового здания такой же площади с учетом сроков дальнейшей эксплуатации.

Для обнаружения и оценки глубины трещин в бетонных и железобетонных конструкциях используются известные в строительстве импульсные ультразвуковые приборы.

Наиболее эффективными следует считать тепловизоры, с помощью которых производится инструментальная съемка динамики теплопередачи ограждающих конструкций, лазерные системы термощупов, электронные газоанализаторы и др. Применяют поверхностное прозвучивание. Расстояние между ультразвуковыми датчиками составляет 120-400 мм. О наличии трещины свидетельствует изменение времени распространения ультразвуковых колебаний на базе измерения. Для обнаружения трещин удобнее использовать приборы с датчиками на фиксированной базе и с сухим контактом.

Для оценки температур различных участков используется цветовая шкала, с помощью которой возможно оценить температурные параметры отдельных участков и фасадной поверхности в целом.

«Помимо физико-механических характеристик и дефектов несущих конструкций весьма важно произвести оценку следующих параметров, сильно влияющих на комфортность проживания, санитарно-гигиенические условия и эксплуатационные качества жилища, таких, как: воздухопроницаемость стыков панелей; влажность утеплителя стен; состояние герметика стыков; теплозащитные свойства ограждений; звукоизоляция ограждений и другие параметры» [4, с.330].

Следует отметить, что в последнее время разработан ряд приборов, обеспечивающих контактное и бесконтактное измерение параметров с цифровой или магнитной записью процессов.

Отклонение указанных параметров от нормативных значений приводит к разной потере эксплуатационных качеств, повышению расхода тепла на обогрев помещений, изменению микроклимата квартир и другим негативным моментам.

Так, постоянное увлажнение помещений и высокие теплотери, в результате продуваемости стыков, приводят к частому заболеванию жильцов. Эти же параметры существенно влияют и на долговечность конструкций.

### 2.3 Анализ основных факторов, влияющих на выполнение ремонтно-восстановительных работ в сейсмически опасных районах

На выбор технологических, технических и организационных решений оказывают влияние факторы, указанные в таблице 2.6:

Таблица 2.5– Факторы, влияющие на организационно-технологические решения

№	Факторы, влияющие на организационно-технологических решений
1	факторы внешней среды
2	ремонтпригодность
3	экономичность
4	эксплуатационные расходы
5	экологичность
6	энергоэффективность
7	огнестойкость
8	доступное оборудование, машины, механизмы

№	Факторы, влияющие на организационно-технологических решений
9	нормативный срок службы стеновых конструкции
10	эстетичность
11	трудоемкость
12	состояние ремонтируемой поверхности

Правильный анализ всех имеющихся факторов, а также возможных дефектов и повреждений позволяет продлить срок службы стеновых конструкции и избежать лишних затрат на ремонтные работы.

Для выдвижения предложений по совершенствованию технологии ремонта стен панельных зданий необходимо изучить недостатки существующих решений. То есть, синтезируя различные достоинства тех или иных технологических решений, можно добиться улучшения параметров выполнения работ со значительно меньшими недостатками.

Необходимо заранее планировать не только мероприятия, которые следует проводить тотчас после землетрясения, но и иметь набор технически грамотно выполненных конструктивных решений по усилению (восстановлению) сооружений, поврежденных землетрясением, применительно к материальным ресурсам и возможностям пострадавшего региона. Для этого набором проектных решений наиболее эффективных способов восстановления, отобранных специалистами еще до землетрясения, должны располагать соответствующие органы, находящиеся в сейсмоопасных регионах. Набор этих способов должен быть ограничен, с одной стороны, типами основных конструктивных решений сооружений, возводимых в регионе, и с другой, наличием доступных строительных материалов и оборудования, необходимых при восстановлении. Наличие такого набора позволит ускорить как выбор

способа восстановления, так и оформление его в виде проектного решения применительно к конкретному сооружению. Перечень указанных способов для каждого региона периодически должен обновляться с учетом накопленного опыта и исследований в области сейсмостойкого строительства.

Работы по ликвидации последствий землетрясений предусматривают:

- снос поврежденных и разрушенных зданий и сооружений;
- ремонт;
- восстановление;
- усиление.

Под ремонтом понимается проведение мероприятий, не связанных с восстановлением или усилением каких-либо несущих конструкций или частей зданий, в основном это устранение наружных дефектов в несущих элементах. Например, устранение трещин в зданиях носит не только эстетический характер, но оказывает и психологическое воздействие на людей, эксплуатирующих поврежденный объект. Ремонт, как правило, применяется на объектах, повреждения которых не опасны для последующей эксплуатации сооружений, согласно принятой ранее классификации повреждений.

Под восстановлением понимается проведение мероприятий, в результате которых несущая способность деформированных элементов или связей между ними восстанавливается до проектной (первоначальной) величины, т.е. до состояния, предшествовавшего землетрясению.

Проблема ликвидации последствий сильных землетрясений, включает в себя две группы задач: первая — обновление застройки, вторая — восстановление и использование соответствующей застройки.

Первая группа задач включает в себя: проведение работ по сейсмическому районированию, определение параметров сейсмического воздействия на проектируемые объекты; создание норм строительства объектов

различного назначения в сейсмических районах с учетом региональных особенностей проявления сейсмичности и строительного производства и контроль за соблюдением этих правил [19, с.252].

Вторая группа задач включает в себя: оперативную оценку последствий землетрясений с выявлением объемов; оценку степени повреждения зданий и возможности восстановления, усиления или ремонта объектов; оперативное проведение работ по уточнению карты сейсмического микрорайонирования, определению расчетной сейсмичности существующих объектов; оценку сейсмического риска для существующей застройки с определением сейсмостойкости эксплуатируемых зданий и сооружений; разработку проектов и проведение восстановительного ремонта зданий и сооружений.

Среди задач второй группы наиболее трудоемким и требующим привлечения значительных материально-технических средств являются комплекс работ по оценке сейсмостойкости существующих зданий и сооружений, прогноз ущерба от возможного сильного землетрясения и проведение мероприятий по реконструкции существующей застройки для снижения ущерба. Эти задачи усложняются тем, что в пределах одного города застройка значительно различается по типам, размерам, назначению, срокам эксплуатации, конструктивным решениям, физическому износу конструкций зданий.

Расчет конструкций зданий в сейсмических районах, должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий.

При расчете зданий и сооружений (кроме транспортных и гидротехнических) на особое сочетание нагрузок значения расчетных нагрузок следует умножать на коэффициенты сочетаний.

«Для зданий и сооружений простой геометрической формы расчетные сейсмические нагрузки следует принимать действующими горизонтально в

направлении их продольной и поперечной осей. Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях следует учитывать отдельно» [34]

При определении расчетной вертикальной сейсмической нагрузки следует учитывать вес моста крана, вес тележки, а также вес груза, равного грузоподъемности крана, с коэффициентом 0,3.

Расчеты зданий и сооружений на особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий следует выполнять с использованием инструментальных записей ускорений основания при землетрясении, наиболее опасных для данного здания или сооружения, а также синтезированных акселерограмм.

Горизонтальные нагрузки от масс на гибких подвесках, температурные климатические воздействия, ветровые нагрузки, динамические воздействия от оборудования и транспорта, тормозные и боковые усилия от движения кранов при этом не учитываются.

Сейсмические воздействия могут иметь любое направление в пространстве. При расчете сооружений сложной геометрической формы следует учитывать наиболее опасные для данной конструкции или ее элементов направления действия сейсмических нагрузок.

Расчетная сейсмическая нагрузка  $S_{ik}$  в выбранном направлении, приложенная к точке  $k$  и соответствующая  $i$ -му тону собственных колебаний зданий или сооружений, определяется по формуле

$$S_{ik} = K_i \cdot K_e \cdot S_{0ik}, \quad (2.1)$$

где  $K_i$  — коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений;

$K_e$  — коэффициент, учитывающий конструктивные решения зданий и сооружений;

$S_{0ik}$  — значение сейсмической нагрузки для  $i$ -го тона собственных колебаний здания или сооружения, определяемое в предположении упругого деформирования конструкций по формуле

$$S_{0ik} = Q_k \cdot A \cdot b_i \cdot K_{wnik}, \quad (2.2)$$

где  $Q_k$  — вес здания или сооружения, отнесенный к точке  $k$ , определяемый с учетом расчетных нагрузок на конструкции;

$A$  — коэффициент, значения которого следует принимать равными 0,1; 0,2; 0,4 соответственно для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов;

$b_i$  — коэффициент динамичности, соответствующий  $i$ -му тону собственных колебаний зданий или сооружений;

$\rho_{ik}$  — коэффициент, зависящий от формы деформации здания или сооружения при его собственных колебаниях по  $i$ -му тону и от места расположения нагрузки.

#### 2.4. Подбор оптимальных прочностных характеристик наружных ограждающих конструкций панельных зданий

Выбор оптимальных прочностных характеристик наружных ограждающих конструкций панельных зданий необходимо производить при создании системы различных вариантов технологических, технических и организационных решений ремонтно-строительных работ, каждый из которых характеризуется конечным множеством оценочных показателей, которые в полной степени описывают приводимые варианты.

Как показывает опыт, большинство стен панельных зданий нуждаются в постоянном ремонте. Затраты на их обслуживание увеличиваются с каждым годом, а протечки и возникновение трещин могут появляться уже в самом начале эксплуатации.

В климатических условиях России в большинстве регионов страны годовой перепад наружных температур составляет  $100^{\circ}\text{C}$  и более. Стыки находятся в постоянном сложном состоянии и движении, и они в процессе

эксплуатации становятся негерметичными, протекают, промерзают и продуваются ветром. Поэтому необходимо через определенные промежутки времени осуществлять повторную герметизацию и утепление стыков [21, с.224].

Установлено, что «наиболее ненадежным элементом является стык панелей наружных стен, на которой приходится примерно 30–35 % всех протечек, промерзаний, отслоений внутренней отделки и других повреждений» [7].

При возведении здания межпанельные стыки герметизируются и защищаются, но в первые несколько лет эксплуатации строения происходит неизбежная усадка стеновых панелей, сдвиг панелей при неравномерной осадке отдельных частей. В средней полосе России суммарное раскрытие герметиков в стыках панелей составляет 4,5-5 мм в год. В результате такого естественного старения средний срок полиуретанового герметика до полной потери эксплуатационных характеристик составляет не более 5 лет [34, с. 87-109].

В работе авторов [41, с. 25], говорится, что биоповреждения зданий могут явиться причиной заболеваний людей. Проживание в зданиях с признаками биоповреждений представляет собой вариант нарушения прав гражданина России, гарантированных Конституцией РФ.

Предложенная в диссертации технология восстановления теплотехнических характеристик, обеспечивает защиту от проникновения в шов воды, восстанавливает тепло сопротивления ограждающей конструкции, оптимальна, с технической точки зрения, для всех проблемных швов. Технология позволяет выполнить визуально безупречный шов, улучшает архитектурный облик здания, укладка ленты не требует специального оборудования, требует только аккуратности производства работ.

Особое место в конструкции крупнопанельных зданий занимают стыки.  
Для анализа рассмотрены стыки серии 1-335с.

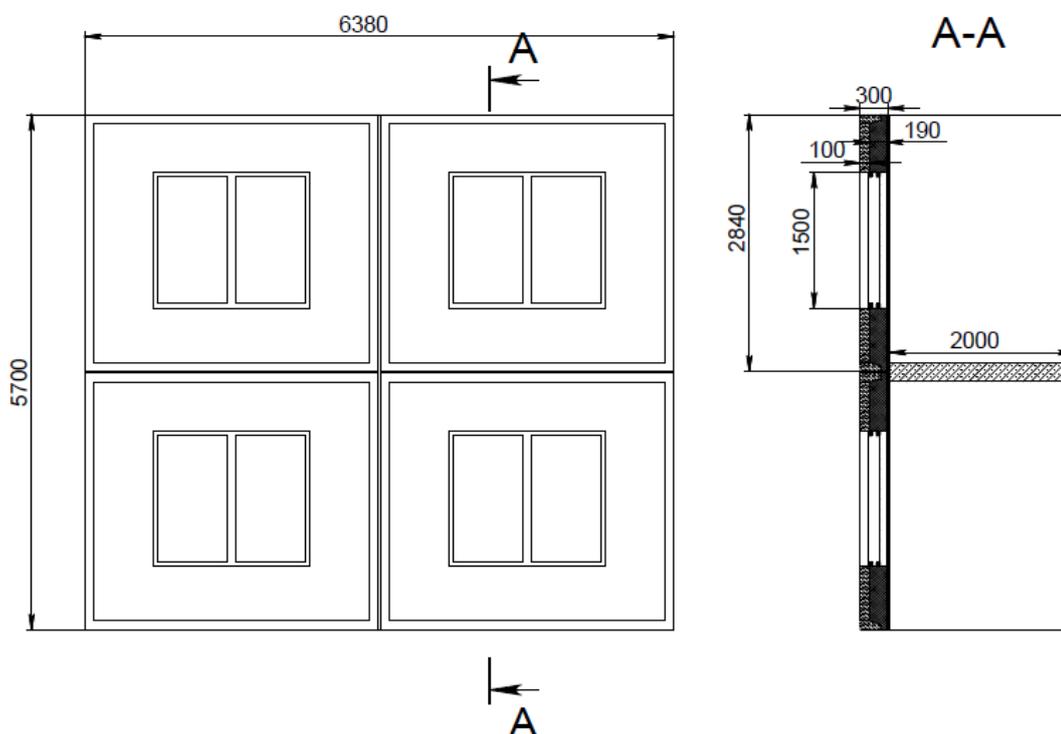


Рисунок 2.2 - Геометрические размеры модели, состоящей из панелей серии 1-335с

Характеристики серии 1-335с [40]:

Тип дома – панельный.

Этажность – 5.

Количество секций – 4.

Габариты здания – 62х10 м.

Высота здания – 15,2 м.

Годы строительства – 1958- 1966 г.

Условия выполнения тепловизионной съемки:

Условия эксплуатации А

Площадь поверхности рассматриваемого участка  $A=3\text{м}^2$ .

Температура наружного воздуха:  $-7^{\circ}\text{C}$ .

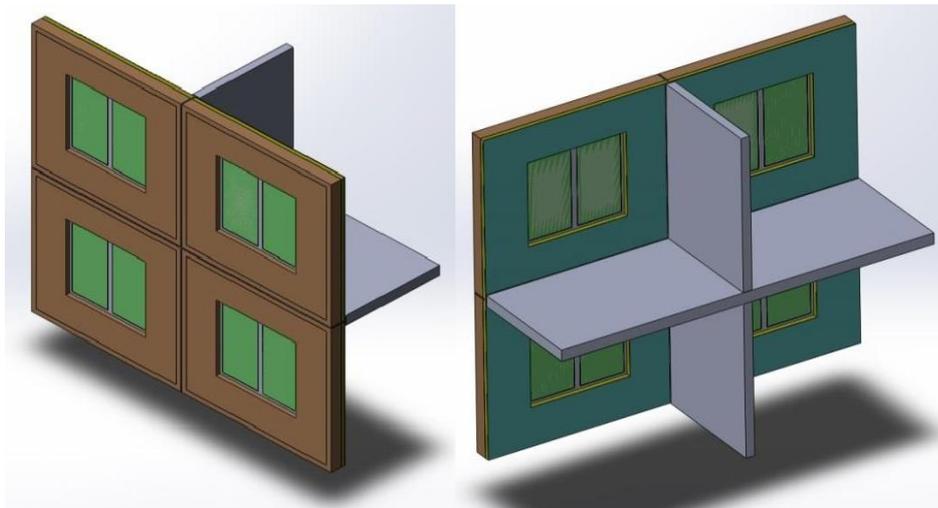


Рисунок 2.3 - Общий вид модели

В качестве модели для исследования выбран участок, состоящий из четырех оконных блоков.

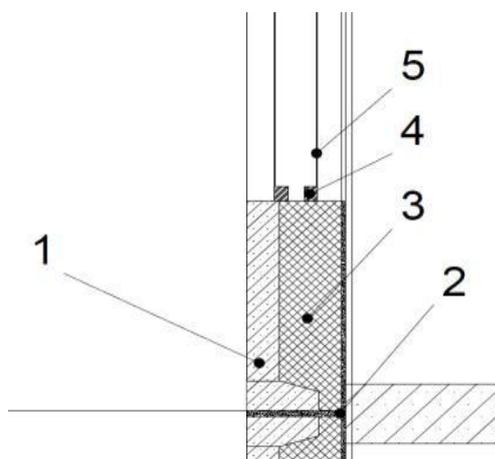


Рисунок 2.4– Материалы панели:

- 1 – Железобетон; 2 – Цементно-песчаный раствор; 3 – Керамзитобетон; 4 – Дерево;  
5 – Стекло

В ходе стационарного теплового анализа решаются системы дифференциальных уравнений теплопроводности [16]:

$$\alpha_k = 6,31 \cdot v^{0,656} + 3,25e^{-1,91v}, \quad (2.3)$$

где  $\alpha_k$  – матрица теплопроводности;

Скорость ветра: 2 м/с.

Среднее значение температуры поверхности участка:  $-5,2^{\circ}\text{C}$ .

Коэффициент теплоотдачи за счет конвекции

$$\alpha_{\text{к}}=6,31 \cdot v^{0,656}+3,25e^{-1,91v}, \quad (2.4)$$

$$\alpha_{\text{к}}=10 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}, \quad (2.5)$$

Коэффициент теплоотдачи за счет излучения определяется по формуле 2.6:

Где  $C_1=4,71$ – коэффициент излучения поверхности здания

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}} \cdot \frac{\frac{t_1+273}{100}^4 - \frac{t_2+273}{100}^4}{t_1-t_2}, \quad (2.6)$$

$C_2=C_0=4,96$ – коэффициент излучения окружающей среды и абсолютно черного тела;

$t_1=-5,2^{\circ}\text{C}$  - среднее значение температуры поверхности рассматриваемого участка;

$t_2=-7^{\circ}\text{C}$  - температура наружного воздуха

$$\alpha_{\text{л}}=3,58 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}, \quad (2.7)$$

$$\alpha = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}}=13,58 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}, \quad (2.8)$$

Тогда теплотери на рассматриваемом участке здания рассчитываются как:

$$Q = \alpha \cdot A \cdot (t_1-t_2)=905.6 \text{ ккал/ч}, \quad (2.9)$$

Таким образом, наблюдается удовлетворительное соответствие с результатами численного моделирования, показывающими теплотери  $Q=883$  ккал/ч.

Условия эксплуатации Б:

$Q=1019$  ккал/ч – теплотери;

$t_{\text{ср}}=-4,9^{\circ}\text{C}$  – среднее значение температуры поверхности внешней стены.

Условия повышенной влажности

$Q=1143$  ккал/ч – теплотери;

$t_{cp} = -4,7 \text{ }^\circ\text{C}$  – среднее значение температуры поверхности внешней стены.

Условия выполнения тепловизионной съемки:

Температура наружного воздуха:  $-7^\circ\text{C}$ .

Скорость ветра: 2 м/с.

Среднее значение температуры поверхности участка:  $-4^\circ\text{C}$ .

Коэффициент теплоотдачи за счет конвекции

$$\alpha_k = 10 \text{ ккал/м}^2\text{ч}^\circ\text{C}$$

Коэффициент теплоотдачи за счет излучения определяется по формуле 2.9:

$$\alpha_l = 3,58 \text{ ккал/м}^2\text{ч}^\circ\text{C}, \quad (2.10)$$

$$\alpha = \alpha_l + \alpha_k = 13,58 \text{ ккал/м}^2\text{ч}^\circ\text{C}, \quad (2.11)$$

Теплопотери на рассматриваемом участке здания:

$$Q = \alpha \cdot A \cdot (t_1 - t_2) = 1483 \text{ ккал/ч}, \quad (2.12)$$

Можно сделать вывод, что теплотехнические параметры материалов панельного здания существенно хуже заданных в расчете в условиях повышенной влажности. Наблюдается это в момент обследования здания, потери тепла составили 1483 ккал/ч. Что в 1,6 раза больше проектных показателей, и в 1,4 раза больше показателей исходя из условий эксплуатации.

Таблица 2.6- Расчетные теплотехнические параметры при различных условиях эксплуатации

Условия эксплуатации	Теплопотери, ккал/ч	Относительное увеличение теплопотерь, %	Теплопотери на основе данных тепловизионной съемки, ккал/ч
А	883	-	905,6

Условия эксплуатации	Теплопотери, ккал/ч	Относительное увеличение теплопотерь, %	Теплопотери на основе данных тепловизионной съемки, ккал/ч
Б	1019	15,4	–
Повышенная влажность	1143	29,4	1483

В табл. 2.6 представлен расчет потерь тепла со всего здания за 2016-2017 год отопительный период. Разница в потерях тепла, между показателями Б, то есть условиями эксплуатации в городе Иркутске и условиями повышенной влажности. Полученные в ходе тепловизионного исследования составили 95 Гкал за отопительный период.

Таблица 2.7- Расчет потерь тепла со всего здания, за 2016-2017 гг. отопительный период

Условия эксплуатации	Теплопотери на м2, ккал/ч	Теплопотери со всего здания, ккал/ч	Теплопотер и со всего здания гкал/год
А	24,3	53946	310
Б	28,07	62315	386
Повышенная влажность	40,8	90576	481

На графике 2.4 представлен график зависимости увеличения коэффициента теплопроводности, от содержания влаги в конструкции, данные по графику сведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8- Характерное повышение коэффициента теплопроводности от содержания влаги в конструкции

Материал	Влажность, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·С
Железобетон	4	2,16
Керамзитобетон	30	0,45
Цементно-песчаный раствор	10	1,2
Дерево	20	0,18
Стекло	–	0,76

На графике 2.5 представлена зависимость зависимости увеличения коэффициента теплопроводности от содержания влаги в конструкции.

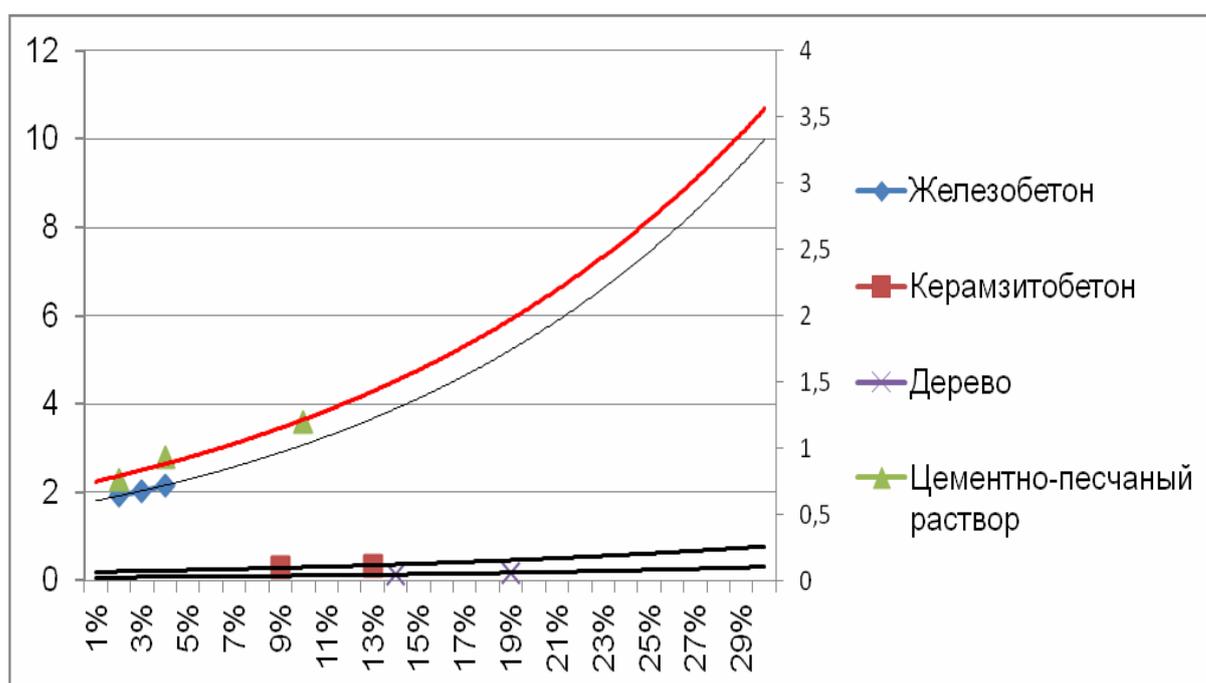


Рисунок 2.5 – Зависимость зависимости увеличения коэффициента теплопроводности от содержания влаги в конструкции

В главе приведен расчет тепловых потерь здания, при увеличении коэффициентов теплопроводности строительных материалов из-за проблем с разгерметизацией стыков ограждающих конструкций панельных зданий и

проникновением влаги внутрь панели.

Предложена математическая модель, позволяющая рассчитать количество тепловой энергии, проходящей через ограждающие конструкции панельных зданий, в результате увлажнения конструкции [17, с.51-153].

Расчет производился для трех моделей с разным коэффициентом ухудшения теплофизических свойств материалов наружных ограждающих конструкций. Определено, что среднее повышение влажности внутри конструкции от 5% до 15%, это ведет к увеличению потерь тепла на 29% от относительной величины теплотерь при проектных показателях.

Определенно, что значение потерь тепла за отопительный период составляет:

- С проектными характеристиками материалов 310 Гкал/год.
- С условиями эксплуатации Б 386 Гкал/год.
- С условиями эксплуатации В 481 Гкал/год.

### 3 Совершенствование организационно-технологических решений при ремонте и восстановлении стен панельных зданий

#### 3.1 Предложения по проведению ремонтно-восстановительных работ в сейсмически активных районах

В предыдущей главе был произведен анализ оптимальных прочностных характеристик наружных ограждающих конструкций панельных зданий.

Из это следует, что заделку швов по существующим технологиям производят полимерными мастичными материалами, которые под воздействием неблагоприятных погодных условий, а также деформаций, возникающих в наружных ограждающих конструкциях, теряют свои технико-эксплуатационные характеристики раньше установленных производителями сроков. На данный момент срок службы таких материалов, по научным и практическим данным составляет 3-5 лет, а в некоторых случаях 2-3 года.

Несмотря на то, что производители заявляют срок службы монтажной пены в 15-20 лет, в результате неравномерно нанесения герметизирующего слоя в область пены, происходит попадание влаги, что снижает срок службы до 3-5 лет. Монтажная пена является огнеопасным материалом [15].

Эта проблема ведет к существенному ухудшению теплофизических характеристик, а также скорой потере ограждающих конструкций своих эксплуатационных свойств.

Базовым прибором в методе теплового неразрушающего контроля является инфракрасная камера (тепловизор), предназначенная для оперативного проведения натурных измерений и выдачи изображения в инфракрасном спектре излучения, испускаемого объектом.

Для оптимизации затрат на инновацию фасадов по технологии ППШ необходимо в зимний период произвести тепловизионную съёмку фасадов здания. Таким образом, можно зафиксировать зоны теплопотерь,

провести их анализ и выявить основные причины. На основании полученных данных разрабатываются наиболее эффективные мероприятия по ремонту фасадов [18, с.52-54].

Если тепловизионная съёмка покажет, что потери тепла происходят не только через швы, но и через дефектные панели, то необходимо перед герметизацией швов произвести ремонт панелей.

Материалы, применяемые в технологии.

Полимерные материалы, применяемые в технологии, обладают высокой эластичностью в широком диапазоне температур (вплоть до  $-60^{\circ}\text{C}$ ) и долговечностью. Размеры ленты для герметизации швов от 30 мм до 200 мм, стандартные цвета: белый, чёрный, серый.

Клей, который будет использоваться в процессе применения технологии, обладает:

- стабильной вязкостью расплава;
- вязкостью с маслами (парафинистыми, нафтеновыми);
- температурой стеклования  $-60^{\circ}\text{C}$ .

В процессе производства работ, для нанесения клейкого состава рекомендуется использовать пневматический пистолет. Этот инструмент позволит увеличить скорость производства работ, и сэкономить материалы, потому что ручные монтажные пистолеты, не позволяют использовать 100% объема клейкого материала в тубиках.

Дефектные панели очищаются пескоструйным аппаратом от наслоений и повреждённых слоёв бетона. В местах, где обнажилась арматура или проступает коррозия арматуры, арматура очищается от ржавчины, грунтуется и покрывается антикоррозионным составом. Бетон восстанавливается специальным ремонтным паропроницаемым составом. Отремонтированная поверхность панелей оштукатуривается, окрашивается паропроницаемыми материалами и обрабатывается гидрофобным составом.



Рисунок 3.1 – Восстановление целостности конструкции

Потерю бетона восстанавливают специальными цементными составами.

Все дефекты поверхности панелей тщательно очищают от повреждённого бетона и восстанавливают паропроницаемыми ремонтными составами.

С обеих сторон от шва между панелями приклеивают малярную ленту для защиты поверхности панели. Между лентами обеспечивают зазор равный трём ширинам герметизирующей ленты. Шов вскрывают и тщательно очищают от всего, что в нём находится. Края панелей очищают от всех загрязнений. В шов между панелями запрессовывается утеплитель «Вилатерм» [9, с.248].

Если фасадный слой панели представляют собой керамическую плитку и её состояние (закрепление на поверхности) не вызывает опасений, после очистки поверхности от грязи и других наслоений наносится праймер «Sika Primer 3N».

Для защиты арматуры от коррозии тонким слоем наносится антикоррозионный состав на цементной основе «Sika Mono Top 910». Затем наносится ремонтный выравнивающий состав на цементной основе «Sika Mono Top 612». Окончательное выравнивание краёв плит осуществляется шпаклёвкой «Sika Mono Top 620». После высыхания шпаклёвочного слоя на него наносится праймер «EUROLASTIK B1».

На подготовленную поверхность с помощью специального пистолета наносится клей "EUROLASTIK TK 51". Клей разглаживается шпателем.

Лента "EUROTEK TK Fugenband" аккуратно раскатывается по шву, кромки тщательно разглаживаются. Места пересечения швов усиливаются с помощью ленты, которая используется в бухте "EUROTEK TK Fugenband" в качестве прокладки [25].

После разглаживания кромок ленты удаляют натёки клея и снимают молярную ленту.

После окончания работ по ремонту панели и герметизации швов весь фасад обрабатывают гидрофобным составом.

Герметизация швов между панелями, санация поверхности плит (ремонт дефектов) позволяют не только восстановить, но и улучшить проектные теплотехнические характеристики ограждающих конструкций. Опыт эксплуатации зданий после выполнения работ по системе ППШ свидетельствует о том, что за счёт улучшения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций удаётся экономить до 25 % затрат на отопление панельных зданий.

В приложении В показан шов до применения технологии и после, горизонтальность и вертикальность линий, четкий силуэт, по сравнению со швами, где применялись полимерные герметики.

Технология позволяет экономить на отоплении до 25%. Величиной окупаемости предложенной технологии, будет разность между потерями тепла до восстановления и после восстановления теплотехнических характеристик предложенной технологии.

Предложенная технология обеспечивает защиту от проникновения в шов и плиты воды, восстановление теплосопротивления ограждающей конструкции. Данная технология позволяет выполнить визуально безупречный шов, улучшение (изменение) архитектурного облика здания. При этом укладка

ленты не требует специального оборудования, требует только аккуратности производства работ.

При этом, отделка наружных поверхностей панелей зданий должна обеспечивать общее художественное единство района застройки [39].

Таблица 3.1- Наружные стены  $R_o$  в условиях эксплуатации А

Сечение панели, слои, мм			Материалы слоев	Теплопроводность бетонных слоев	Утеплители	Коэффициент	
Наружный	утеплитель	внутренний				Теплопроводности слоя утеплителя Вт*м/С	Сопротивление теплопередаче $R_o$ , $m^2(C/Вт)$
65	135	100	Тяжелый бетон	1,92	Пенополистирол $\rho=40\ 40\ кг/м^3$	0,041	3,56
					Пенопласт	0,050	2,97
80	120	100	Легкий бетон на пористых заполнителях D 1400	0,56		0,041	3,43
					Пенопласт $\rho=75\ кг/м^3$	0,050	2,90
					Жесткие плиты из минеральной ваты $\rho=200\ кг/м^3$	0,076	2,08

В связи с этим, после восстановления стыков и швов зданий предлагается в качестве приоритетного ремонта стен панельных зданий вариант вентилируемого фасада, как наиболее современного и наиболее долговечного.

### 3.2 Методика расчета уровня сейсмического воздействия при оценке сейсмостойкости зданий

В связи с широким применением навесных фасадных систем (НФС) для зданий различного назначения, возводимых в районах нашей страны с сейсмичностью 7—9 баллов, вопрос о методике оценки их сейсмостойкости является одним из главных, стоящих перед проектировщиками при оценке эксплуатационной надежности зданий.

Как отмечалось [26, с.48-50], проблема безопасности фасадной системы при сейсмических воздействиях включает в себя оценку сейсмостойкости:

- стенового ограждения здания, в которое крепятся несущие элементы подконструкции НФС;
- анкерного крепежа, с помощью которого несущие элементы НФС крепятся к основанию;
- самой НФС с элементами (кронштейны, направляющие и различные виды облицовки).

В настоящее время при содействии зарубежных специалистов в области анкерного крепежа [28] разработана методика испытания анкеров на действие динамических (статических) сил с использованием виброплатформы ВП-100.

В качестве характеристик динамических влияний на фасадную систему при проведении исследований принимались:

1. Длительность сейсмического воздействия, по данным [22,с.115-133] составила от 10 до 40 с (землетрясения в Сан-Франциско 18.04.1906 г. — колебания продолжались 25—30 с, в Мехико 28.07.1957 г. — 15 с).

2. Периоды (частота колебаний), максимальные ускорения почвы при землетрясениях соответствовали периодам 0,4 и 0,2 с (при частоте 2 и 10 Гц).

При жестких системах ( $T = 0...0,4$  с) наибольшее ускорение появляется почти сразу с началом колебаний.

Важные параметры сейсмического влияния находятся в диапазоне короткопериодного спектра от 0,1 до 0,5 с (от 10 до 2 Гц).

По результатам экспериментальных исследований установлено, что, вне зависимости от частоты внешнего действия, сооружение обычно подвержены колебаниям с частотой, отвечающей частоте их собственных колебаний. Периоды же свободных колебаний большинства зданий составляют 0,1—0,3 с, т. е. частота динамической нагрузки на сооружение в условиях землетрясения может находиться в основном в пределах 0,5—12 Гц.

В настоящее время применяются экспериментальные модели возбуждения колебаний исследуемых систем. От принятой схемы возбуждения колебаний НФС зависит методика проведения испытаний.



Рисунок 3.2 - Общий вид платформы с установленной пространственной рамой

При экспериментальных исследованиях НФС используется виброплатформа инерционного действия ВП-100, которая позволяет создать инерционные нагрузки в диапазоне частот от 0 до 20 Гц при амплитуде колебаний платформы в горизонтальной плоскости от 0 до 30—50 мм.

На рис. 3.3 показан общий вид виброплатформы с установленной на ней пространственной рамой, к элементам которой прикреплены конструкции НФС.

Преимущества данного метода динамических испытаний НФС с использованием виброплатформы перед описанной ранее методикой возбуждений колебаний конструкций с помощью вибромашины заключаются в следующем:

-виброплатформа позволяет установить реальный уровень ускорения основания экспериментальной модели и соответствующий этому значению нормативный уровень сейсмического воздействия;

-наличие электронного пульта управления, работающего как в ручном, так и в автоматическом режимах, дает возможность создать заранее запрограммированное расчетное сочетание спектра частот и амплитуд платформы, создать режимы работ виброплатформы, соответствующие резонансным колебаниям рамы и фасадной конструкции [38].

Программа динамических испытаний НФС на виброплатформе ВП-100 включает в себя следующие этапы.

1. На основе использования любого программного вычислительного комплекса определяют динамические характеристики экспериментальной модели НФС и возможные режимы нагружения опытного образца силовым динамическим воздействиям на сооружения при землетрясениях разной интенсивности (от 7 - 9 баллов).

2. Проводят испытания системы с изменением частотного спектра от 0 до 18—20 Гц при фиксированной амплитуде перемещения виброплатформы. Изменяют значение амплитуда и задают частоты в указанном выше спектре. Длительность каждого из этапов динамического нагружения (при фиксированных амплитуде и частоте) системы составляет от 15 до 20 с.

3. По результатам второго этапа испытаний устанавливают уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям системы, и уровни ускорений виброплатформы, соответствующие 7—9- балльным воздействиям по шкале MSK-64.

4. После завершения испытаний НФС в соответствии с заданной программой изменения амплитудно-частотного спектра виброплатформы проводят повторные испытания НФС при сочетаниях амплитудно-частотных параметров виброплатформы, соответствующих резонансным колебаниям системы и 7—9-балльным воздействиям. Длительность динамических испытаний при таких сочетаниях составляет 40—50 с.

Цель исследований – оценка надежности анкерного крепежа фирмы «SORMAT» при использовании его для крепления различных строительных конструкций к железобетонным стенам зданий, возводимых в сейсмических регионах с активностью 7-9 баллов по шкале MSK-64.

Для исследований были выбраны 3 марки анкера:

- анкер S-UF 10×100 с полиамидным дюбелем;
- металлический распорный анкер S-КА 10/30;
- химический анкер ITN 380Ø8 при глубине анкерования в бетон L=80мм.

Исследования анкеров на вырыв из железобетонных стеновых элементов происходили на экспериментальной пульсаторной установке, имеющей следующие динамические параметры: предельные значения динамических и статических нагрузок на опытный образец, соответственно: 320кН и 400кН; максимальная амплитуда колебаний рабочего органа - ±250мм; интервал изменения частотного спектра при динамических воздействиях – от 0 до 50Гц.

Программа испытаний анкеров включала в себя следующие этапы.

1. Изготовление опытных образцов железобетонных плит из бетона класса В30 толщиной 250мм.

2. Моделирование в плитах трещин шириной раскрытия 0.33мм. Ширина раскрытия трещин фиксировалась с помощью индикатора часового типа с точностью измерения 0,01 мм после установки в трещину анкера.

3. В железобетонные плиты с трещинами устанавливались анкеры (по 6-10 образцов каждой марки анкера).

4. Статические испытания 1-ой группы анкеров (по 3-5 образцов каждой марки) на вырыв из железобетонных плит. По результатам статических испытаний устанавливалась предельная разрушающая (ультимативная – по терминологии ETAG 001[38]) нагрузка вырыва.

5. Динамические испытания 2-ой группы анкеров. В соответствии с согласованной программой исследований параметры динамических воздействий при испытании анкеров принимались следующими: частота изменения нагрузки принималась равной 5 и 15Гц при количестве циклов, соответственно,  $n = 500$  и  $1000$  циклов; при динамическом приложении нагрузки ее величина изменялась в интервале  $N_{min} = 2кН$ ,  $N_{max} = 0.7 \times N_{разр}$ .

6. После завершения динамических исследований анкеров на действие продольных относительно их оси усилий каждый анкер испытывался на действие статической нагрузки до его разрушения при вырыве.

Результаты повторных статических испытаний сравнивались с результатами первичных статических испытаний. Сравнение полученных результатов этих испытаний позволило оценить влияние динамических воздействий на несущую способность анкера.

Была установлена несущая способность анкеров указанных выше марок до динамических воздействий. В табл. приведены результаты статических испытаний анкеров (по 3 испытания каждой марки анкера).

Таблица 3.2-Статические испытания анкеров

№	Усиление вырыва (кН) для анкеров марки					
	ITH 380		S-UF 10x100		S-КА 10/30	
	Ni	Ncp.	Ni	Ncp.	Ni	Ncp.
1	31.45	31.58	7.01	6.45	21.83	21.83
2	28.62		6.52		21.13	
3	34.61		5.83		22.53	

Анализ результатов статических испытаний анкеров позволяет отметить следующее:

– при вырыве анкеров марки ITH 380Ø8 из бетона разрушение анкерных узлов происходило либо по бетонному конусу, либо по контакту «клеевой состав – бетон»;

– при вырыве анкеров марки S-UF 10×100 из бетона разрушение анкерного узла происходило по контакту полиамидного дюбеля с бетоном – выскальзывание анкера из отверстия;

– при вырыве анкеров марки S-КА 10/30 из бетона разрушение анкерного узла происходило из-за проскальзывания болта вдоль расклинивающегося сегментного кольца.

#### Динамические испытания.

При динамических испытаниях нагрузка прикладывалась вдоль оси анкера. При этом характеристики динамического воздействия на каждую марку анкера в зависимости от задаваемого характера воздействия принимались равными: 1-я схема:  $f = 5\text{Гц}$ ,  $n = 500$  циклов; 2-я схема:  $f = 15\text{Гц}$ ,  $n = 1000$  циклов.

#### Статические испытания.

После завершения динамических испытаний анкеров были проведены статические испытания на вырыв из бетона тех же анкеров. В таблице 3.3

представлены результаты статических испытаний анкеров на вырыв из бетона с трещиной до и после их испытаний на динамические нагрузки, моделирующих сейсмические воздействия различной интенсивности.

Таблица 3.3- Динамические испытания анкеров

Марка анкера	Величина разрушающей нагрузки ( $N_{ср.}$ ) при статических испытаниях анкеров на вырыв из бетона (кН)		
	До динамических испытаний	После динамических испытаний	
		f=5 Гц, n=500	f=15 Гц, n=1000
ITN 380 Ø8	31.58	30.83	31.32
S-КА 10/30	21.88	21.43	18.52
S-UF 10x100	6.48	11.2	испытание не проводилось

Анализ анкеров фирмы «SORMAT», установленных в бетон с трещиной, позволяет отметить следующее.

1. В процессе динамических испытаний исследовано поведение анкеров при действии циклической нагрузки, приложенной вдоль их продольной оси, величина которой изменялась в интервале от  $N_{min} = 2$  кН до  $N_{max} = 0.7 \times N_{разр}$ . При количестве циклов  $n = 500$  и  $n = 1000$  величина частотного спектра динамической нагрузки составляла, соответственно, 5Гц и 15Гц.

2. Для химических анкеров марки ITN 380Ø8 ( $L_{анк} = 80$ мм) и металлических анкеров марки S-КА 10/30 не установлено в процессе динамических испытаний изменения величины динамической нагрузки (например, ее уменьшение в случае проскальзывания анкеров в момент нарушения сцепления клеевого состава с бетоном) или амплитуды колебания (в случае нарушения сцепления анкера с бетоном имело бы место возрастание амплитуды колебания анкера) [23, с.79-85].

3. Несущая способность анкеров марки S-UF 10×100 с полиамидным дюбелем при вырыве из бетона возросла в 1.7 раза после завершения

динамических испытаний. Вероятной причиной указанного эффекта является то, что полиамидный дюбель после установки анкера в рабочее положение (появление распора) в базовый материал пластически деформируется. При этом, в местах соприкосновения материала дюбеля с бетоном имеет место заполнение микропустот и микротрещин в бетоне.

В результате этого, при действии динамической нагрузки величина несущей способности анкера зависит не только от величины сцепления (силы трения) анкера с бетоном, но и от появления «механической блокировки» полиамидного дюбеля в зоне трещины.

То есть, при приложении динамической нагрузки к анкеру шуруп из-за наличия выступов (резьбовой части) дополнительно деформирует полиамидную обойму и усиливает «блокировку» анкера в бетонном образце.

При установке анкеров фирмы «SORMAT» (распорных анкеров марки S-КА 10/30, химических анкеров марки ИТН 380 Ø10 и анкеров марки S-UF 10×100) в стены из бетона с трещинами в сейсмоопасных регионах с 7-9-балльной сейсмикой по шкале MSK-64 расчетное усилие вырыва анкеров может приниматься таким же, как и для анкеров, используемых в несейсмических районах.

### 3.3. Оценка эффективности предлагаемых мероприятий

Восстановительные работы на территории, подвергающейся сильному землетрясению, должны быть обоснованы технико-экономическим расчетом с обязательным определением очередности восстановления разрушенных или поврежденных объектов по краткосрочной, временной и капитальной схемам. При этом должна быть доказана целесообразность нового строительства на прежнем месте или на новой территории.

Рассмотрим экономическую целесообразность применения методики, направленной на восстановление теплотехнических характеристик

ограждающих конструкций на исследуемом объекте.

По результатам теоретических исследований, получены следующие данные, имеющиеся в табл. 3.4. которые показывают величину потерь тепла в результате нарушения гидроизоляции стыковых соединений панелей, намокания внутреннего устройства панели, а также потере теплотехнических свойств конструкции.

Таблица 3.4 Величина потерь тепла при разных условиях эксплуатации

Условия эксплуатации	Теплопотери на исследуемом участке, ккал/ч	Теплопотери с 1м <sup>2</sup> , ккал/ч
А	883	24,3
Б	1019	28,07
Повышенная влажность	1583	40,74

Произведем расчет, стоимость 1 Гкал для города Иркутска за отопительный период 2016 года равна 1265 руб.

Умножим величину стоимости тепловой энергии (1175 руб/Гкал) на годовые потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции, на исследуемом объекте, рассчитанные в течение одного отопительного периода при различных теплотехнических характеристиках материалов конструкции панели [7, с.169].

Результаты сравнительного экономического расчета для рассматриваемого многоквартирного жилого здания сведены в таблицу 4.2.

Таблица 3.5 Расчет теплопотерь для многоквартирных жилых зданий

Условия эксплуатации	Теплопотери на м <sup>2</sup> , ккал/ч	Теплопотери со всего здания, ккал/ч	Теплопотери со всего здания, ккал/час
А	24,3	53946	364 250

Условия эксплуатации	Теплопотери на м <sup>2</sup> , ккал/ч	Теплопотери со всего здания, ккал/ч	Теплопотери со всего здания, ккал/час
Б	28,07	62315	454 188
Повышенная влажность	40,8	90576	564 720

Исходя из данных представленных в таблице, жители рассматриваемого здания, в данный момент платят на 110 520 рублей больше на отопление, по причине ухудшения проектных теплотехнических характеристик материалов в ограждающих конструкций в здании.

Таблица 3.6– Характеристика условий эксплуатации зданий

Условий эксплуатации	Годовой расход тепловой энергии при потери тепловой энергии, Гкал/год	Годовая стоимость тепловой энергии конструкции, руб/год
А	310	364 250
Б	386	454 188
Повышенная влажность	480,6	564 720

Средний рост тарифов, за последние 10 лет в городе Иркутске, составил 15%. Это значит, что при сохранении такой динамики роста, тарифов на тепловую энергию, через пять лет тарифы вырастут в 2 раза, через 10 лет в четыре раза, через 20 лет в 8 раз.

Тариф на тепловую энергию в городе Иркутске с 01.01.2016 - 1265 руб./Гкал

Анализируя эти данные, рассчитаем стоимости тепловой энергии на отопление здания при рассмотрении потерь через ограждающие конструкции за 10, 30 и 50 лет [20]. И с учетом динамики роста тарифов 15% в год.

Таблица 3.7– Результаты суммирования потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции с учетом среднегодового роста тарифов 15% в год

Условия эксплуатации	Затраты на тепловую энергию здания			
	2016-2017 год	За 10 лет	За 20 лет	За 50 лет
А	374260	7 497529	37 316065	298 468909
Б	484198	9 231805	46 538945	372 262071
В	594760	11 475815	57 861950	462 731640

Расход тепловой энергии за 10, 20, и 50 лет эксплуатации, представлены в табл. 4.4 , вычислены по формуле геометрической прогрессии

$$S_n = \frac{a_1 - a_2 \cdot q^m}{1 - q}, \quad (3.1)$$

где  $a_1$ – расходы жильцов на тепловую энергию за год исследования объекта (2016-2017);

$q$  – среднегодовая норма роста тарифов на тепловую энергию, для расчет  $q=1.15(15\%)$ ;

$m$ – рассматриваемый период эксплуатации здания (10,20 и 50 лет).

Таблица 3.8- Расход на тепловую энергию за 12 лет

	Расход на тепловую энергию		
	Условия эксплуатации Б (руб)	Условия эксплуатации и В (руб)	Разность (руб)
1 год	454188	564720	110532
5 лет	3 062309	3 807557	745 248
10 лет	9 221705	11 465915	2 244211
12 лет	13 172209	16 377822	3 205612

Для того, чтобы рассчитать время окупаемости предложенной технологии: восстановления теплотехнических характеристик ограждающих конструкций панельных зданий. Был произведен сметный расчет, результаты которого представлены в приложении.

По результатам расчета сметная стоимость мероприятий, составляет 3121601 рублей [24, с.401].

Для того что бы определить время окупаемости технологии, необходимо вычислить срок, когда разность затрат тепловой энергии между условиями эксплуатации Б и В (повышенная влажность) выраженная в рублях, дойдет до показателя сметной стоимости применения технологии.

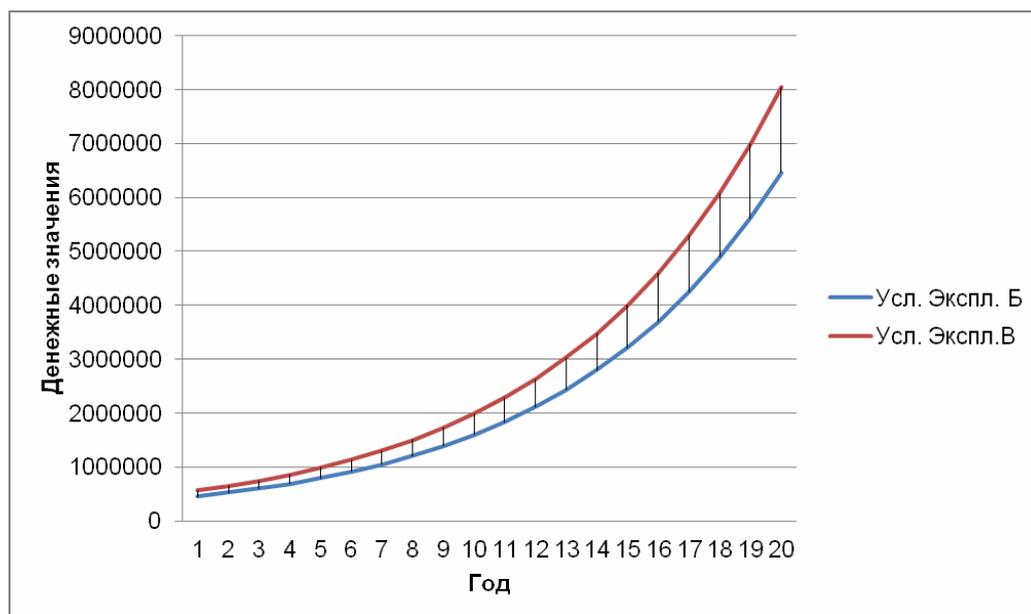


Рисунок 3.3 – Диаграмма роста потерь энергии с учетом динамики роста тарифов в рублях

По данным произведенного расчета, окупаемость мероприятий по применению технологии на рассматриваемом объекте составит 12 лет, с момента применения технологии. Данный срок получен с учетом динамики роста тарифов на тепловую энергию, составляющую 15% каждый год.

Немаловажной целью применения технологии является улучшение архитектурного облика объекта. Понимание того, что путем ремонта и восстановления можно превратить унылые панельные дома в комфортное пространство для жизни, приходит довольно медленно. В Приложении Б показаны результаты до применения технологии и после. Где видно, что здания

обретают привлекательный вид, и вновь становятся интересны для проживания людей.

Таблица 3.9– Сравнение цен на вентилируемый фасад общей площадью 100 м<sup>2</sup>

№	Тип конструкции	Цена	Срок службы, лет
1	Традиционный вентилируемый фасад	250544	50
2	Инверсионный вентилируемый фасад без утеплителя	164403	50

При использовании вентилируемого фасада без утеплителя стоимость установки уменьшилась на 2,1 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной диссертационной работе проанализирована технология восстановления и организации работ по ремонту фасада с учетом внесенных поправок в конструкции, определены основные технико-экономические показатели предложенного варианта, подтверждающие целесообразность его применения.

В настоящее время в нашей стране большая часть жилых зданий имеет значительный моральный и физический износ. Это – жилые дома первых массовых серий, построенные в 50-70-е годы, в частности жилые крупнопанельные дома, которые возводились от черноморского побережья до крайнего севера. Эти дома составляют около 250 млн. квадратных метров или 10% жилищного фонда России, в этих домах проживает более 15 млн. граждан.

Так же перед нами стоит проблемы низкой энергоэффективности данного видам жилой застройки. Из общего объема вырабатываемой тепловой энергии в строительстве и ЖКХ потребляется около 43%, из них 90% расходуется на отопление, 8% – на производство строительных материалов, изделий и 2% на строительство. Энергопотребление в России по сравнению с западноевропейскими странами выше в 2-2,5 раза.

Несмотря на то, что за прошедшие годы конструкция панелей существенно улучшилась, с точки зрения обеспечения необходимого теплосопротивления ограждающей конструкции, в панельных домах по-прежнему остро стоит проблема обеспечения герметичности швов между панелями. Вследствие нарушения герметичности, в ограждающие конструкции панельных здания, происходит попадание влаги, которое ведет к существенному ухудшению проектных теплофизических характеристик. Влияет на ухудшение микроклимата внутри жилых помещений, а также

способствует повышению расходов на отопление жилых помещений.

Были изучены существующие методы решения, проблемы герметизации стыков наружных стеновых панелей, основная проблема потеря эксплуатационных свойств полиуретановыми герметиками до заявленного производителями срока их службы.

Выполнено численное моделирование стационарного теплообмена панельного здания серии 1-335с. По полученным данным определены потери тепловой энергии, а именно в год потери с ограждающих конструкций составляют 480,6 Гкал, что эквивалентно 564720 рублей.

С учетом динамики роста тарифов на тепловую энергию 15% в год, через 10 лет эта сумма составит 11 465915 руб., через 20 лет 57851940 рублей, а через 50- 462731970 рублей.

Предложены мероприятия, направленные на решение проблем разгерметизации стыков наружных стеновых панелей, не имеющие аналогов на территории Северо-Западного региона РФ.

Срок окупаемости предложенной технологии по решению проблем разгерметизации стыков наружных стеновых панелей по данным расчетов составляет 12 лет, с момента окончания работ по применению технологии на рассмотренном объекте.

## СПИСОК ИПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, С.А. Метод прогнозирования долговечности наружных ограждающих конструкций; [Текст] В кн.: Исследования по строительной теплофизике. -М., НИИСФ, 2009. С. 85-91.
2. Александров, С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций; [Текст] М., НИИСФ РААСН, ГУЛ НИИЖБ ГНЦ «Строительство», 2004. - 301 с.
3. Анисимов, С.А. и др. Основы управления технологическими процессами; [Текст]. М.: Наука, 2008.-342С.
4. Атаев, С.С. Технология, механизация и автоматизация строительства; [Текст] М.:1. В.ИЛ, 1990.-330с.
5. Бадьинов, Т.Н. Способ наружного утепления фасада здания; [Текст] / Г.М. Бадьин, С.О. Седип; Попул. бетоноведение. 2006. - № 1(9). - С.74 - 75.
6. Белецкая, Б.Т. Технология и механизация строительного производства : учебник [Текст] / Б.Т. Белецкая. Изд. 3-е. - Ростов н/Д : Феникс, 2004. - 748с. - (Серия «Строительство»).
7. Беловольнов, В.К. Нормирование труда и сметы в строительстве : учеб. пособие для строит, техникумов [Текст] / В.К. Беловольнов; -М.: Стройиздат, 1999. 169с.
8. Бобровский, Ю.Л. Теплоизоляционные материалы и конструкции: учеб. для ср. профессион.-техн. учеб. заведений [Текст] / Ю.Л. Бобровский; М. : ИНФРА-М, 2004. -268с.
9. Богословский, В.Н. Тепловой режим здания. [Текст] М., 1979. -248 с.
10. Величко, Е. Г. Строение и основные свойства строительных материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие [Текст] / Е. Г. Величко; - Москва : МГСУ : Ай Пи Эр Медиа, 2017. - 475 с.
11. Восстановление зданий в сейсмических районах. [Текст] М.: наука, 144с.

12. ВСН 58-88 (р). [Текст] Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и обслуживания жилых зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. — М.: Стройиздат, 2009.

13. Гагарин, В. Г. Методы анализа теплозащиты ограждающих конструкций зданий - Ч. 1. [Текст] АВК: вентиляция, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2010. № 2. С. 14.

14. Голов, В.Н. Технология строительных процессов. Общая часть : конспект лекций [Текст] / В.Н. Голов, И.И. Казанцов; Челяб. гос. техн. ун-т. Челябинск : Изд-во ЧГТУ, 2009. -34с.

15. Горбов, А.М. Штукатурка, шпаклевка. [Текст] М.: АСТ, 2003.

16. Горчаков, Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. М.: Высшая школа, 1996.

17. Горячева, А. Панельные дома: куда уходит тепло? Метод тепловизионной диагностики зданий [Текст] / А. Горячева; Стр-во и гор. хоз-во в Санкт-Петербурга и Ленингр. обл. 2005. - № 76. - С.151 - 153.

18. Грановский, А. В., Киселев Д. А. Экспериментальные исследования работы анкерного крепежа при сейсмических воздействиях [Текст] Технологии стр-ва. 2009. № 1. С. 52-54.

19. Гусакова, А.О. Организационно-технологическая надежность строительного производства. [Текст] М.: Стройиздат, 2004.-252с.

20. ГЭСН-2001-15. [Текст] Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Отделочные работы. // Госстрой России / М.: 2004.

21. Завриева, Н.С. и др. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений. [Текст] М.,Стройиздат, 200,224 с.

22. Завриева, Н.С. Расчет инженерных сооружений на сейсмостойкость. Известия Тифлисского политехнического института, 1999, с. 115-133

23. Захарченко, А.В. Применение концепции сейсмического риска к анализу систем сейсмозащиты. Строительная механика и расчет сооружений, 2001. № 1, с.79-85.

24. Иванов, Т.К. Теория организации: учебник [Текст] / Т.Ю. Иванова; М.: КНОРУС, - 2014. 401 с.
25. Килимник, Л.Ш. Методы целенаправленного проектирования в сейсмическом строительстве [Текст]. -М.: Наука, 2001.
26. Курзанов, А. М., Грановский А. В., Доттуев З. И., Хасанов Т. М. Экспериментальные исследования сейсмостойкости вентилируемых фасадных систем [Текст] Технологии стр-ва. 2009. № 1. С. 48-50.
27. Махвиладзе, Л.С. Сейсмостойкое крупнопанельное домостроение; [Текст] -М.: Стройиздат, 2005.-221 с.
28. Нейман, А.И. Оптимизация параметров АСС на основе оценки сейсмического риска. в кн.: Адаптивные системы сейсмической защиты сооружений. [Текст] - М., Наука, 1978.
29. Неймарк, Л.И., Иоффе В.М. Стена многоэтажного сейсмостойкого здания; [Текст] / А.с. № 1167289 СССР. МКИ E04H9/02// Открытия. Изобретения. Промышленные образцы и товарные знаки. 2005, № 26, с.40.
30. Поляков, С. В. Сейсмостойкие конструкции зданий. [Текст] М.: Высш. шк., 2014. 335 с.
31. Рекомендации по проектированию гасителей колебаний для защиты зданий и сооружений, подверженных горизонтальным динамическим воздействиям от технологического оборудования и ветра. [Текст] -М.: ЦНИИСК им. Н.А.Кучеренко, 1998. 68 с.
32. СНиП II-7-81\*. [Текст] Строительство в сейсмических районах. М.:Госстрой России, 2000.
33. Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Организация строительства [Электронный ресурс] : сб. нормат. актов и документов / [сост. Ю. В. Хлистунов]. - Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2015. - 467 с.
34. Шебалин, Н.Б. Об оценке сейсмической интенсивности [Текст] Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности; - М.: Наука, 2005.-С. 87-109.

35. Шебалин, Н.В. Землетрясение: очаг, опасность, катастрофа. [Текст] / Землетрясения и предупреждение стихийных бедствий. 27-й МГК, К. 06, Т. 6. - М.; Наука, 2004. - 3-9с.
36. Шишкина, О.А. Исследование конструкций крупнопанельных и каменных зданий : сб. науч. тр. [Текст] / под ред. А.А. Шишкина; ЦНИИСК. М., 2005. - вып. 30.- 199с.
37. Afanasiev, AA, Matveev EP . Reconstruction of residential buildings. [Текст] Part II. Technology reconstruction of residential buildings and zastroyki.- Moscow 2008.p.
38. Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply. Federal Ministry of Economics and Technology. Berlin, (BMWi) Public relations. 2010. 32 p.
39. Matrosov, Yu. New technologies in thermal performance of buildings: Problems and solutions [Текст] / Yu. Matrosov, I. Butovsky // Energy Efficiency: bulletin CENEf. №32. 2001.
40. Reconstruction and modernization of housing. Tool STO RAASN 01-2007.- Moscow, 2007.
41. Samarin OD et al. Assessment of the energy efficiency of buildings and the comparative effectiveness of energy-saving measures. [Текст] Coll. rep. 9th Conf. RNTOS May 25 p.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

К оценке сейсмичности территории РФ

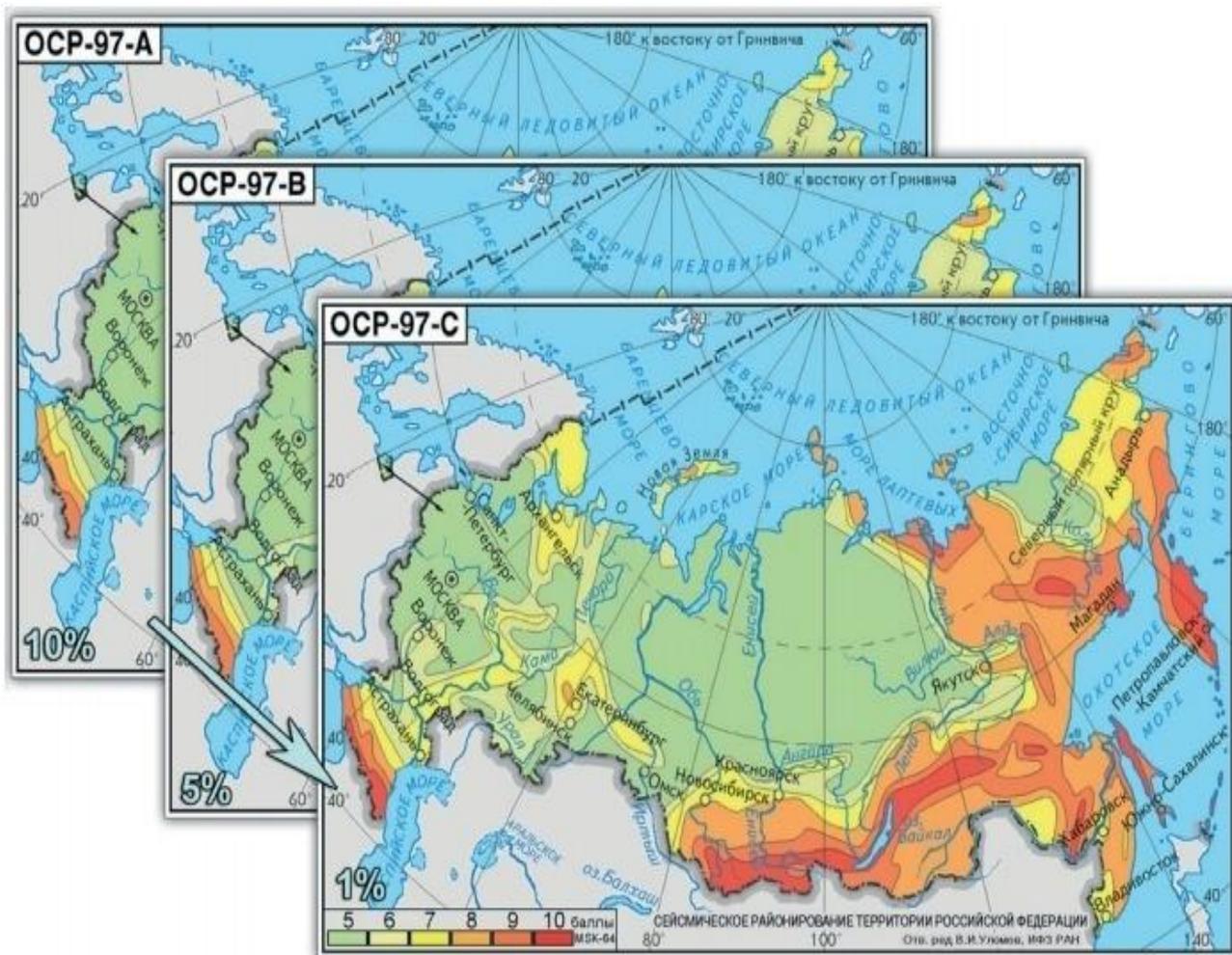


Рисунок А.1- Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2015): а -вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет-10%; в -то же, 5%; с -то же, 1%

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Вид фасада до и после установки вентилируемой конструкции



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Общий вид панелей здания после восстановления их дефектов

