

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
институт  
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Назиров Р.А.  
подпись Ф.И.О.  
«15» июня 2021 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Проблемы реконструкции жилых зданий

тема

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель



доцент, к. т. н.

Е.М. Сергуничева

инициалы, фамилия

Выпускник

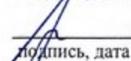
  
подпись, дата

должность, ученая степень

Я.В. Пирогова

инициалы, фамилия

Рецензент

  
подпись, дата

доцент, к.т.н.

Е.Г. Плясунов

инициалы, фамилия

Красноярск 2021

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
институт  
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Назиров Р.А.  
подпись Ф.И.О.  
«15» ноября 2019 г.

**ЗАДАНИЕ**

**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

в форме \_\_\_\_\_ магистерской диссертации \_\_\_\_\_.

Студенту Пироговой Яне Викторовне

фамилия, имя, отчество

Группа СФ 19-04М Направление (специальность) 08.04.01 Строительство

группа

код и наименование

Тема выпускной квалификационной работы «Проблемы реконструкции жилых зданий»

Утверждена приказом по университету №19343/с от 12.11.2019 г.

Руководитель ВКР Е.М. Сергуничева, доцент каф. ПЗ и ЭН, канд. техн. наук

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР нормативно-правовые документы по вопросам энергосбережения и энергоэффективности на территории РФ, официальные материалы статистических органов, учебники и справочники, журнальные статьи, научные доклады и отчеты, материалы конференций и семинаров, справочные данные сети Internet, материалы научно-исследовательской практики

Перечень разделов ВКР:

- Введение;
- ГЛАВА 1. Теоретические аспекты;
- ГЛАВА 2. Численное исследование НОК утепленных системами вентилируемого и «мокрого» фасадов;
- ГЛАВА 3. Экспериментальное исследование;
- ГЛАВА 4. Сравнительный анализ систем утепления вентилируемым и «мокрым» фасадами;
- Заключение;
- Список использованных источников.

Перечень графических материалов: презентация

Научный руководитель

Задание принял к исполнению

  
подпись  
  
подпись

Е.М. Сергуничева

инициалы, фамилия

Я.В. Пирогова

инициалы, фамилия

«15» ноября 2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. Теоретические аспекты.....	10
1.1. Основные термины и определения.....	10
1.2. Анализ жилищного фонда России и г. Красноярск.....	11
1.3. Развития нормативных требований к наружным стенам.....	15
1.4. Сравнение нормативных требований к наружным ограждающим конструкциям зданий в России и за рубежом.....	23
1.5. Современное состояние проблемы тепловых потерь через стены	27
1.5.1. Отечественный опыт снижения теплопотерь.....	29
1.5.2. Зарубежный опыт.....	36
1.5.3. Системы утепления жилых зданий.....	37
Глава 2. Численное исследование НОК утепленных системами вентилируемого и «мокрого» фасадов.....	41
2.1. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи НОК.....	41
2.1.1. Климатические и теплотехнические характеристики.....	41
2.1.2. Методика теплотехнического расчета наружных стен.....	43
2.1.3. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи систем утепления .....	44
2.2. Расчет теплопотерь.....	45
2.3. Экономическая оценка систем.....	45
2.3.1. Расчет стоимости монтажа 1 м <sup>2</sup> системы.....	45
2.3.2. Расчет срока окупаемости.....	46
Глава 3. Экспериментальное исследование.....	46

3.1. Расчет распределения температуры на контакте с анкером вентилируемого фасада стеновых ограждающих конструкций и вдали в программном комплексе COMSOL Multiphysics.....	47
3.2. Расчет долговечности по потере прочности наружного промерзающего слоя .....	49
Глава 4. Сравнительный анализ систем утепления вентилируемым и «мокрым» фасадами.....	52
4.1. Сравнение технико-экономических показателей при утеплении двумя системами.....	52
Заключение .....	53
Список использованной литературы.....	54
Приложение А .....	61

## **ВВЕДЕНИЕ**

Актуальность работы обусловлена необходимостью проработки вопросов повышения энергоэффективности жилых зданий за счет сокращения тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции при проведении реконструкции.

В настоящее время проблема энергоэффективности является одной из наиболее актуальных для развития России. Страна располагает масштабным недоиспользуемым потенциалом энергосбережения, который по способности решать проблему обеспечения экономического роста страны сопоставим с приростом производства всех первичных энергетических ресурсов.

Энергоемкость российской экономики существенно превышает в расчете по паритету покупательной способности аналогичный показатель в США, в Японии и развитых странах Европейского Союза.

При доведении внедрения энергосберегающего и энергоэффективного оборудования до уровня в странах – членах ЕС, энергопотребление снизилось бы до величины 650 млн. тонн условного топлива. Другими словами, около 35% энергии в Российской Федерации используется неэффективно.

В 2008 году Указом Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. No 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» была определена цель – снизить к 2020 году энергоёмкость валового внутреннего продукта (ВВП) на 40% от уровня 2007 года. Во исполнение Указа Президента был принят Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. No 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», после чего началась систематическая работа в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в различных секторах и сферах экономики России.

Для достижения указанных целей в 2010 году Минэнерго России совместно с ЗАО «АПБЭ», ООО «ЦЭНЭФ» и ФГУ «РЭА» разработало Государственную программу Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года, которая была одобрена на заседании Правительства Российской Федерации. В 2016 году Министр энергетики Российской Федерации Александр Новак отметил позитивную динамику роста энергоэффективности экономики: «По итогам 2016 года снижение энергоемкости ВВП по отношению к 2007 составило почти 11%» [1].

Начавшийся в 2014 году геополитический кризис и введение рядом стран финансовых и технологических ограничений против России, изменение динамики мировых цен на энергоносители и начало нового этапа более жесткой глобальной конкуренции за ресурсы и рынки потребовали от России пересмотра прогнозов развития энергетической стратегии страны, и в 2016 году был разработан проект «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года». Согласно этой стратегии в составе мер реализации потенциала энергосбережения и повышения энергоэффективности будут использоваться как совершенствование нормативно-правовой базы, включая введение запрета на производство и использование энергетически неэффективной техники, оборудования и зданий, так и разработка стандартов энергоэффективности зданий и сооружений.

Важным следствием политики энергосбережения станет существенное сдерживание роста эмиссии парниковых газов и сокращение вредных выбросов энергетического комплекса в окружающую среду. [2] Крупнейшим потребителем тепловой энергии является сфера ЖКХ. На отопление идет более 40% всего вырабатываемого тепла, при этом расход энергоресурсов на отопление в России выше, чем в других странах со схожим климатом [1]. Повышение энергоэффективности жилого фонда является одной из первоочередных задач энергосбережения в сфере ЖКХ, а так же важным

условием снижения платёжной нагрузки на население за коммунальные услуги. В 2016 году утверждено Распоряжение Правительства РФ от 01.09.2016 N 1853-р «Об утверждении плана мероприятий ("дорожной карты") по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений». План направлен на снятие технических, регуляторных, информационных и других барьеров повышения энергетической эффективности и установление соответствующих показателей энергетической эффективности при проектировании, строительстве, эксплуатации и проведении капитального ремонта зданий, строений и сооружений. За счёт установления требований энергетической эффективности зданий, строений и сооружений будет обеспечиваться рациональное использование энергетических ресурсов при эксплуатации объектов капитального строительства.[3] Согласно «дорожной карте» к 2025 году планируется уменьшение удельного годового расхода тепловой и электрической энергии на 1 м<sup>2</sup> всех площадей в многоквартирных домах на территории Российской Федерации на 25% по сравнению с 2015 годом.

Для решения поставленных задач не обязательно использовать возможности строительной индустрии только в части строительства нового жилья. Имеющийся жилой фонд страны достаточно высок, но не соответствует постоянно растущим запросам проживающих в нем людей.

Согласно данным федеральной службы государственной статистики (Росстат), площадь жилищного фонда Российской Федерации увеличивается, данные представлены в таблице 1. На 2019 год жилищный фонд РФ составил 3780 млн. м<sup>2</sup>.

По состоянию на 2018 год в жилищный фонд города Красноярска содержит 5170 многоквартирных домов общей площадью – 24 млн. кв. м.

	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Жилищный фонд, млн. м <sup>2</sup> общей площади жилых помещений	2787	2955	3231	3581	3653	3708
Общая площадь жилых помещений, приходящая в среднем на одного жителя, м <sup>2</sup>	19,2	20,8	22,6	24,4	24,9	25,2

Установлено, что требования, предъявляемые к жилищу, изменяются каждые 7 - 8 лет. Учитывая, что в течение последних 20 - 25 лет существующие здания подвергались практически только косметическим или аварийным ремонтам, состояние современного жилья в целом можно оценить как не вполне удовлетворительное, требующее реконструкции.

Согласно федеральному закону "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ здания, подвергающиеся реконструкции и капитальному ремонту должны доводиться до современных требований тепловой защиты зданий.

На основе проведенного нами анализа установлено, что наибольшие теплопотери для жилых зданий через ограждающие конструкции происходят через стены и окна. Структура теплопотерь жилого здания представлена на рисунке 1.

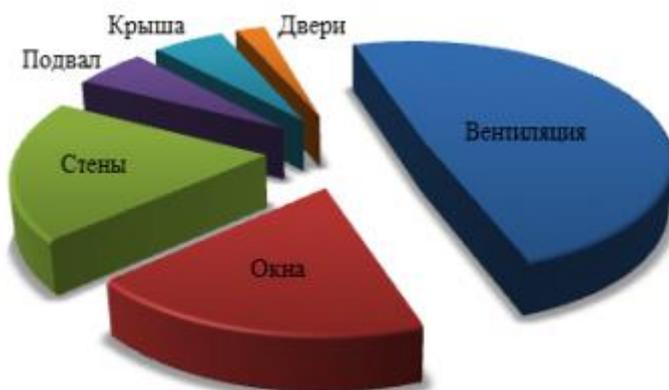


Рисунок 1 – Структура теплопотерь жилого здания

Таким образом, сокращение потерь тепла через стены ограждающие конструкции, является важной задачей по выполнению плана повышения энергоэффективности зданий.

**Цель работы:** разработка методики оценки проектных решений утепления наружных ограждающих конструкций при реконструкции, направленных на повышение энергической эффективности жилых зданий в климатических условиях города Красноярска.

**Объект исследования:** наружные ограждающие конструкции жилых зданий.

**Предмет исследования:** оценка систем утепления стеновых ограждающих конструкций в зависимости от их конструктивных особенностей с учетом тепловой защиты, экономической целесообразности и долговечности в климатических условиях г. Красноярск.

#### **Основные задачи магистерской работы:**

1. Выполнить обзор состояния жилищного фонда России и г. Красноярск и проанализировать развитие нормативных требований при проектировании ограждающих конструкций;
2. Выявить тенденции развития проектных решений наружных ограждающих конструкций при реконструкции;
3. Выполнить численные исследования технических решений по утеплению наружных ограждающих конструкций;
4. Провести экономическую оценку технических решений по утеплению наружных ограждающих конструкций;
5. Предложить методы проектирования наружных ограждающих конструкций при реконструкции.

**Научная новизна работы** заключается в выполнении расчета долговечности навесного фасада в локальной зоне пониженных температур для

оценки систем утепления наружных ограждающих конструкций жилых зданий при реконструкции для г. Красноярск.

**Публикации:** Основные положения магистерской работы изложены в 3 статьях в рецензированном журнале из перечня ВАК.

**Положения, выносимые на защиту:**

- анализ состояния жилищного фонда России и г. Красноярск, развития нормативных требований к наружным стенам;
- обзор систем утепления наружных ограждающих, используемых при реконструкции;
- сравнение технико-экономических показателей при утеплении двумя системами: вентилируемый и «мокрый» фасад;
- расчет долговечности стены по потере прочности наружного промерзающего слоя в условиях г. Красноярск;

## **ГЛАВА 1. Теоретические аспекты**

### **1.1. Основные термины и определения**

Реконструкция объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) - изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов [1];

Капитальный ремонт объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) - замена и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов;

Жилищный фонд – совокупность всех жилых помещений, находящихся на территории Российской Федерации. В составе жилищного фонда не учитываются дачи, летние садовые домики, спортивные и туристские базы, мотели, кемпинги, санатории, дома отдыха, пансионаты, дома для приезжих, гостиницы, казармы, кельи, железнодорожные вагончики и другие строения.

В современном Федеральном законе Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты

Российской Федерации" [2] понятие энергетической эффективности является характеристикой отношения полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

В свою очередь энергосбережение - реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг) [3].

Исходя из определений, энергосбережение является частным случаем мер по повышению энергоэффективности, в результате которого затраты, вызывающие полезный эффект уменьшаются, уменьшается знаменатель в формуле, и соответственно, растет энергоэффективность.

Энергетический ресурс - носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии).

Класс энергетической эффективности - характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность [3].

## **1.2. Анализ жилищного фонда России и г. Красноярск**

Вопрос решения жилищной проблемы в стране является одним из важных и всегда актуальным. Существуют Государственные программы обеспечения

населения жильем, аналогичные программные документы принимаются в различных регионах и городах России.

Для решения поставленных задач не обязательно использовать возможности строительной индустрии только в части строительства нового жилья. Имеющийся жилой фонд страны достаточно высок, но не соответствует постоянно растущим запросам проживающих в нем людей.

Согласно данным федеральной службы государственной статистики (Росстат), площадь жилищного фонда Российской Федерации увеличивается, на 2019 год площадь жилых помещений 365 млн м<sup>2</sup> (76% от площади всех зданий). За последние 15 лет количество жилых зданий в России выросло с 19014 тыс. домов в 2002 г. до 20556 тыс. домов в 2019 г. (на 8%), а их площадь – с 2853 млн м<sup>2</sup> до 3653 млн м<sup>2</sup> (на 28%).

В отличие от многих стран, в структуре жилых зданий России доминируют именно МКД рисунок 2:

- число МКД равно 2952 тыс. домов, а площадь жилых помещений в них – 2441 млн м<sup>2</sup> (68%);
- число индивидуальных домовкратно больше: 17603 тыс. зданий, но площадь жилых помещений в них составляет только 1169 млн м<sup>2</sup> (32%).

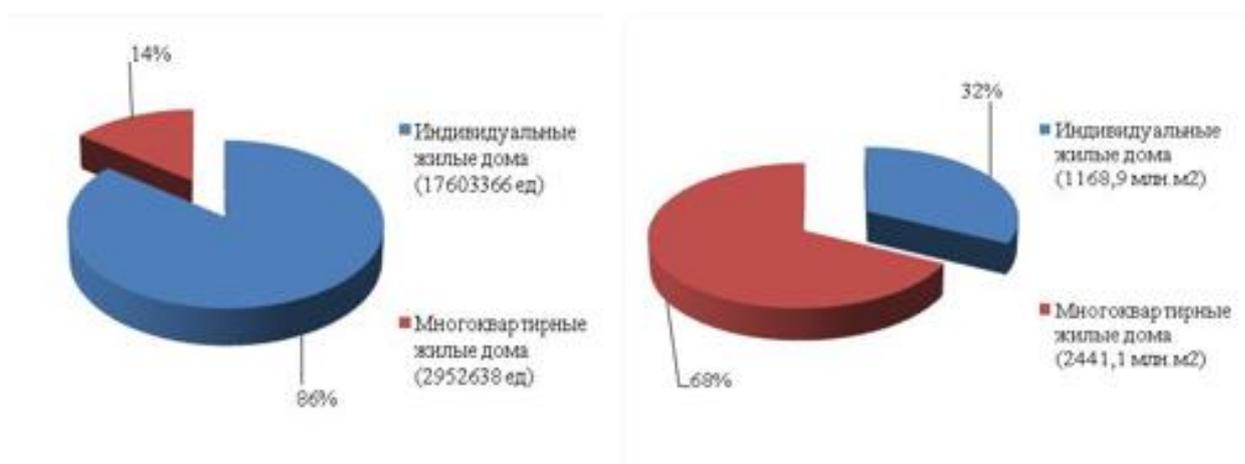


Рисунок 2 - Количество и площадь жилых зданий России (данные на начало 2017 г.)

Выполним оценку современного состояния жилищного фонда. Многообразие зданий, составляющих жилищный фонд страны, затрудняет их классификацию и оценку состояния по различным параметрам изношенности. Одним из признаков классификации зданий является их возраст. Основная часть (67%) МКД России построена (точнее, введена в эксплуатацию) в 1946-1995 годах. Количество таких зданий составляет 2398 тыс. домов с площадью жилых помещений в них 1601 млн м<sup>2</sup> на рисунке 3.

При этом:

- число МКД, построенных в 1946-1970 годах, составляет 1057 тыс. зданий, а площадь жилых помещений – 645 млн м<sup>2</sup> (27%). Большинство этих МКД построены в две волны (периоды 1955-1960 гг. и 1961-1970 гг.) по типовым проектам (типовым строительным сериям), которые разрабатывались при массовом строительстве жилых зданий первого и второго поколения индустриального домостроения;
- число МКД, построенных в 1971-1995 годах, составляет 1341 тыс. зданий при площади жилых помещений 956 млн м<sup>2</sup> (40%). Значительная часть этих МКД построена в 1971–1995 годах по типовым проектам (типовым строительным сериям), которые разрабатывались при массовом строительстве жилых зданий третьего поколения индустриального домостроения;
- после 1995 г. и по настоящее время проектируются и вводятся в эксплуатацию типовые МКД, которые относятся к четвертому поколению индустриального домостроения (263 тыс. МКД с площадью жилых помещений 665 млн м<sup>2</sup>).

На диаграмме рисунка 4 показано, что по материалу стен МКД в России разделяются:

- деревянные – 1109 тыс. МКД (площадь жилых помещений – 435 млн м<sup>2</sup>);
- кирпичные – 390 тыс. МКД (площадь жилых помещений – 911 млн м<sup>2</sup>);
- панельные – 905 тыс. МКД (площадь жилых помещений – 595 млн м<sup>2</sup>).

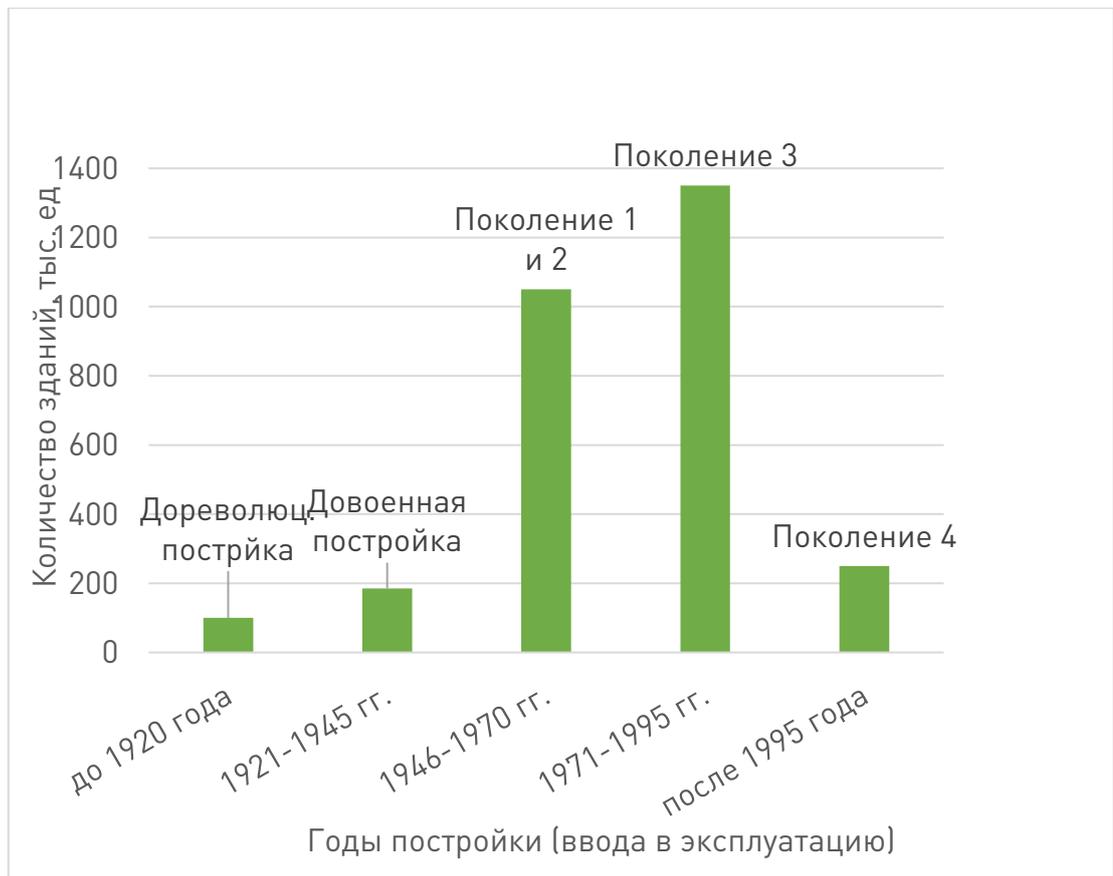


Рисунок 3 - Распределение МКД России по году постройки



Рисунок 4 - Распределение МКД России по материалу стен

В работе было уделено внимание панельным жилым многоквартирным зданиям, которые составляют около 40% жилого фонда.

По состоянию на 2019 год в жилищный фонд города Красноярска содержит 5170 многоквартирных домов общей площадью – 72,9 млн. кв. м. Сводная информация состояния жилищного фонда представлена в таблице 2:

Таблица 2 – Состояние жилищного фонда г. Красноярск

		2017	2018	2019
<b>Жилищный фонд г. Красноярск</b>		70,8 млн м2	71,7 млн м2	72,9 млн м2
<b>Общее число квартир</b>		1312,2 тыс	1325,3 тыс	1342,5 тыс
<b>Износ</b>	от 0 до 30 %	46,6	41,3%	35,2
	от 31 до 65 %	42,4	45,3%	51,1
	более 70 %	3,5	3,5%	3,6

Установлено, что требования, предъявляемые к жилищу, изменяются каждые 7 - 8 лет. Учитывая, что в течение последних 20 - 25 лет существующие здания подвергались практически только косметическим или аварийным ремонтам, состояние современного жилья в целом можно оценить как не вполне удовлетворительное.

### 1.3. Развития нормативных требований к наружным стенам

В связи с изменением технического уровня проектирования и строительства нормативные требования по строительной теплотехнике (тепловой защите) зданий с середины 50-х годов прошлого века очень существенно эволюционировали. Вплоть до 2003 г. все редакции нормативных документов по строительной теплотехнике (тепловой защите) МКД основывались только на поэлементных и санитарно-гигиенических требованиях к наружным ограждающим конструкциям.

*СНиП II-В.3-54 «Строительная теплотехника»*. В 1954 г. Госстрой СССР утвердил комплексный документ, содержащий основные нормативные требования и положения, регламентирующие проектирование и строительство

во всех отраслях народного хозяйства. До 1954 г. такого комплексного нормативного документа в области строительства в СССР не было. Этот документ получил название СНиП (Строительные нормы и правила) и был обязателен к применению. В СНиП II-В.3-54 «Строительная теплотехника» впервые был реализован подход, учитывающий поэлементные и санитарно-гигиенические требования к тепловой защите наружных ограждающих конструкций.

*СНиП II-А.7-62\* «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».* Аналогичный подход был принят в следующей редакции СНиП по строительной теплотехнике (СНиП II-А.7-62 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования»), который вступил в действие с 1 июля 1963 года.

*СНиП II-А.7-71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».* 27 октября 1971 года Госстрой СССР утвердил следующую редакцию СНиП по строительной теплотехнике (СНиП II-А.7-71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования»).

Однако применение экономических расчетов при выборе оптимальных проектных решений для тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий носило крайне ограниченный характер (по причине незначительной стоимости тепловой энергии в СССР и отсутствия ежегодного роста тарифов на нее).

*СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника».* В новой редакции стандарта по строительной теплотехнике не произошло принципиальных изменений по сравнению с предыдущим нормативным документом по требованиям к тепловой защите наружных ограждающих конструкций.

*СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника».* Существенные изменения произошли в практике проектирования ограждающих конструкций в 1995 г., когда была переиздана редакция СНиП II-3-79 «Строительная

теплотехника». Новая редакция стандарта стала отмечаться звездочкой (СНиП II-3-79\*), которая показывала, что документ имеет существенные изменения и дополнения. В СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника» впервые появляется условие, связанное с энергосбережением и повышением энергетической эффективности при определении приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий.

Новое условие при выборе уровня тепловой защиты зданий выглядит следующим образом:

$$R_0^{PP} \geq \max\{ R_{0(\text{сан-гиг})}^{TP}, R_{0(\text{эн.сбер})}^{TP} \}, \text{ где:} \quad (1)$$

$R_0^{PP}$  – приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций (наружных стен, окон и балконных дверей; перекрытий над подвалами и подпольями; покрытий и чердачных перекрытий),  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;

$R_{0(\text{сан-гиг})}^{TP}$  – требуемое сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций, которое определяется исходя из обеспечения санитарно-гигиенических и комфортных условий,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;

$R_{0(\text{эн.сбер})}^{TP}$  – требуемое сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций, которое определяется исходя из обеспечения условий энергосбережения,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . При этом величина показателя  $R_{0(\text{эн.сбер})}^{TP}$  определялась в зависимости от величины ГСОП.

Таким образом, начиная с 1995 г., при выборе уровня тепловой защиты зданий приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций должно быть не ниже:

- требуемого для поддержания комфортных условий проживания;
- требуемого для обеспечения условия энергосбережения, зависящего от климатических условий региона, где находится МКД.

Логика внедрения данного (энергосберегающего) требования в практику проектирования тепловой защиты зданий была следующей: чем выше

приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций, тем меньшими становятся потери теплоты через них, а значит, тем меньше тепловой энергии требуется подвести к зданию.

Кроме того, в СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника» впервые приводится зависимость требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций от градусо-суток отопительного периода региона, в котором расположено здание (учитываются климатические условия региона).

#### *СНиП 23-02 -2003 «Тепловая защита зданий»*

В 1992-1993 гг. была разработана новая идеология нормирования зданий с энергетической точки зрения. Затем в 1994 г. были разработаны и утверждены первые территориальные нормы для г. Москвы. В 1995 г. в федеральные нормы по строительной теплотехнике были внесены принципиальные изменения, обеспечившие, начиная с 2001 г., снижение энергетических затрат на отопление на 40%. В 1998-2003 гг. были разработаны и внедрены территориальные строительные нормы по энергосбережению в зданиях в 50 российских регионах. На основе полученного в регионах опыта Госстрой утвердил в 2003 г. новый СНиП 23-02-04 «Тепловая защита зданий» и соответствующий ему Свод правил СП 23-101-04 «Проектирование тепловой защиты зданий», а также новый СНиП 31-01-03 «Здания жилые многоквартирные» с разделом «Энергоэффективность». В результате создано новое поколение системы нормативных документов по проектированию и эксплуатации зданий со сниженным потреблением энергии.

С 1 октября 2003 года на смену переработанной редакции СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника» был введен в действие СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Этот нормативный документ закрепил все нововведения, которые были отражены в СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника», и добавил к ним дополнительные требования, имеющие существенное значение.

*СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»* была установлена взаимосвязь между тепловой защитой наружных ограждающих конструкций

зданий и их инженерными системами (система отопления), и этот комплекс (тепловая защита + система отопления) рассматривался как единая энергетическая система здания.

Такая возможность появилась за счет введения нового показателя «удельный расход тепловой энергии на отопление здания», который позволял «играть» величинами теплозащитных свойств различных видов наружных ограждающих конструкций с учетом объемно-планировочных решений и выбора инженерных систем для достижения нормируемого значения этого показателя.

В СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» также появился раздел, посвященный методике расчета удельного расхода тепловой энергии на отопление жилых и общественных зданий за отопительный период, основанный на составлении уравнения баланса тепловой энергии в рассматриваемом здании. Единицы измерения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период были приведены к  $1 \text{ м}^2$  отапливаемой площади квартир или полезной площади помещений или к  $1 \text{ м}^3$  их объема и нормированы на ГСОП:  $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$  или  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$ , что позволяло, зная ГСОП и площадь или объем здания, оценить нормативное значение расхода тепловой энергии.

СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» был очень прогрессивным документом. Он соответствовал или даже превышал по многим характеристикам аналогичные документы, принятые или действовавшие в развитых странах. В нем впервые в российской практике:

- энергетическая эффективность жилых и общественных зданий стала оцениваться по отклонению расчетного (фактического) удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от нормативного значения;
- на федеральном уровне по величине отклонения (новым, реконструированным и эксплуатируемым зданиям) присваивался класс энергетической эффективности;

- появились разделы, посвященные:
  - о контролю нормируемых показателей тепловой защиты зданий;
  - о методике заполнения энергетического паспорта.

Благодаря этим нововведениям нормативный документ поменял свое название. Вместо устоявшегося словосочетания «Строительная теплотехника» в его заглавии стала фигурировать «Тепловая защита зданий». Это название стало обозначать стандарт не только на русском языке, но и на английском: «Thermal performance of the building».

СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». На сегодняшний день это последняя трансформация стандарта, посвященного проектированию тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий. К сожалению, этот документ не продвинул Россию вперед в плане повышения теплозащиты зданий, что привело к существенному отставанию от многих стран. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» имеет серьезные недостатки, которые существенно снижают его практическую ценность.

Появлению этого стандарта способствовало изменение в федеральном законодательстве, а именно принятие двух федеральных законов:

- Федерального закона Российской Федерации от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»;
- Федерального закона Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Согласно требованиям этих федеральных законов, вместо строительных норм и правил (СНиП) стали разрабатываться различного рода своды правил (СП), стандарты организаций (СТО) и прочие документы, которые замещали или

дополняли – частично или полностью – требования традиционных нормативных документов (СНиП, ГОСТ).

Эти нормативные документы подлежат обязательному исполнению только в части, соответствующей целям :

- защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей, в том числе потребителей;
- обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения.

Все остальные разделы нормативных документов, направленные на достижение других целей и задач, имеют только добровольный (рекомендательный) характер.

В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» требования к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций, а также к нормируемому температурному перепаду между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждения остались без изменений.

Однако несмотря на практически полную идентичность величин сопротивления теплопередаче в обоих нормативных документах, нормируемые требования к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций в СП 50.13330.2012 оказались ниже аналогичных требований в СНиП 23-02-2003 из-за введения поправочного коэффициента  $m_P$  в выражении (5).

Ввиду уменьшения ГСОП также изменились нормативные требования к уровню нормируемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий. В таблице 6 для сравнения представлены требуемые

значения приведенного сопротивления теплопередаче согласно редакциям стандарта по тепловой защите 2003 года (СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий») и 2012 года (СП 50.13330 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»).

Эволюция нормативных требований к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций для жилых зданий России представлена на рисунке 5.

Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» прямо не задает новых нормативных требований по теплозащите зданий, но устанавливает график снижения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию. В приказе отмечено, что для вновь создаваемых МКД она должна снижаться от нынешнего базового значения:

- с 1 июля 2018 г. на 20%;
- с 1 января 2023 г. на 40%;
- с 1 января 2028 г. на 50%.

Для выполнения этого графика требования по теплозащите ограждающих конструкций новых МКД должны быть существенно повышены в новых версиях нормативных документов (СП) по тепловой защите зданий.

Только начиная с 1 сентября 1996 г. в российских нормативных документах на федеральном уровне стали нормироваться показатели тепловой защиты зданий, исходя из обеспечения условий энергосбережения. С 1 января 2000 г. были усилены требования к показателям тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий, но с тех пор они не пересматривались и не корректировались.

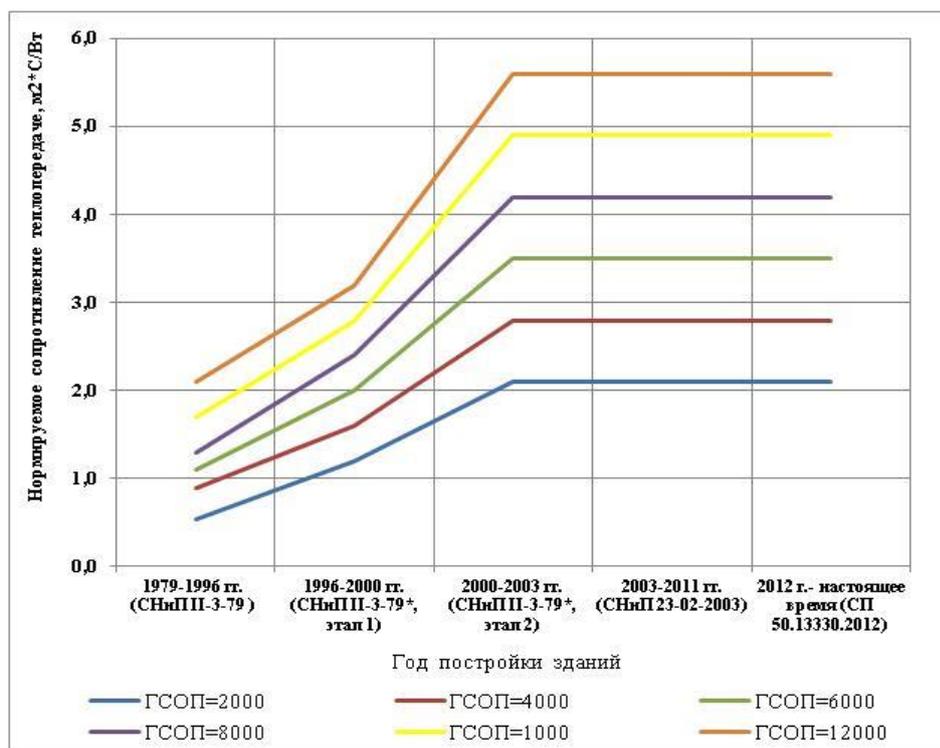


Рисунок 5 - Эволюция нормативных требований к приведенному сопротивлению теплопередаче стен для жилых зданий России

Большая часть МКД спроектирована и введена в эксплуатацию до 1996 г., когда нормирование тепловой защиты наружных ограждающих конструкций осуществлялось исходя только из обеспечения санитарно-гигиенических условий. Отсутствие нормирования показателей наружных ограждающих конструкций исходя из обеспечения условий энергосбережения позволяло заводам-изготовителям выпускать строительную продукцию с низкими показателями тепловой защиты. Ситуация усугублялась тем, что до середины 90-х годов двадцатого века практически отсутствовали методы проверки теплозащитных свойств строительных конструкций на стадии их проектирования и изготовления.

#### 1.4. Сравнение нормативных требований к наружным ограждающим конструкциям зданий в России и за рубежом

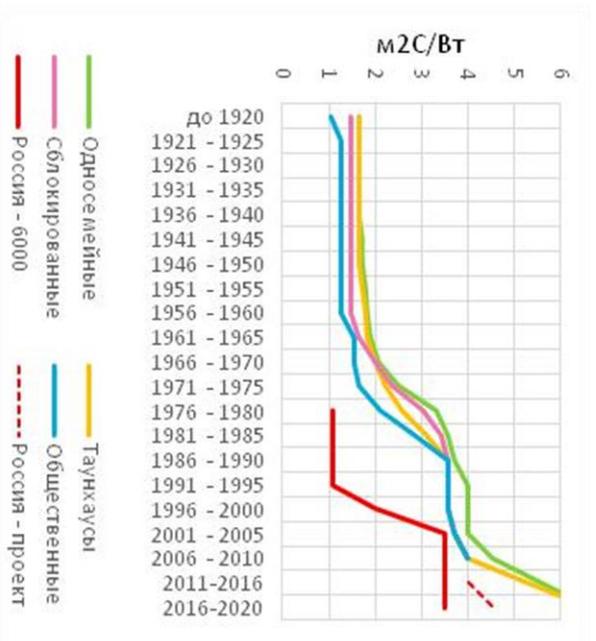
В России и в других странах существуют отличия как в нормативных требованиях к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций,

так и в методах их расчета и проектирования. Во многих странах в СНиП (building codes) сохранен подход, нормирующий значения сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций. Для стен эти требования во многих странах претерпели существенную эволюцию, на рисунке 6 различие показателей приведенного сопротивления между Россией и Финляндией, Швецией, Чехией. С принятием СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» России удалось ликвидировать длительное отставание от многих стран в параметрах теплозащиты стен. Так, отставание от Финляндии до принятия этого СНиП составляло 15 лет, от Швеции – почти 20 лет, от Нидерландов и Германии – около 10 лет. Для 50 регионов России, в которых были приняты территориальные строительные нормы по энергосбережению в зданиях, отставание было существенно меньшим.

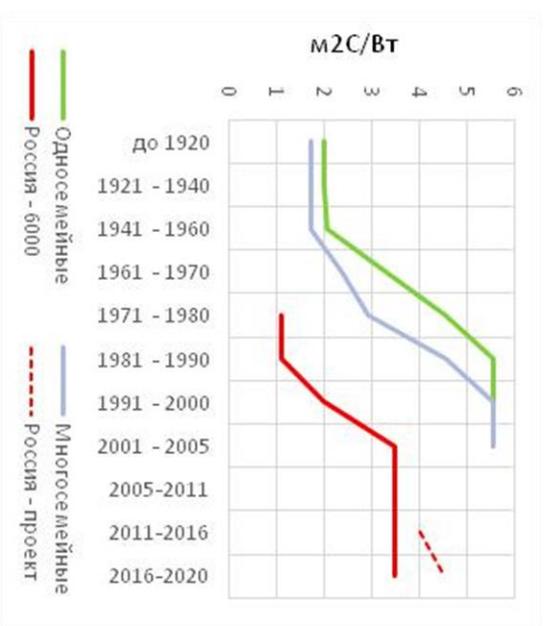
Сделанный Россией в 2003 г. рывок позволил выйти на значения сопротивления теплопередаче, близкие к показателям Германии, Австрии, Чехии, Франции и многих других стран. Однако затем процесс совершенствования требований по теплозащите надолго остановился. В СП 50-13330-2012 (актуализированный СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий») они не были повышены, но в нем допускается использование понижающих коэффициентов, равных 0,63 для стен, 0,95 – для окон и 0,8 – для остальных ограждающих конструкций при наличии экономического обоснования. Это снизит стоимость строительства, но существенно увеличит стоимость эксплуатации зданий.

Таким образом, в гонке за повышением энергоэффективности зданий Россия вновь стала очень существенно отставать. По состоянию на 2018 г. это отставание от Финляндии, Швеции и Германии составило не менее 20 лет (с учетом уже принятых требований на 2020 г.).

а)



б)



в)

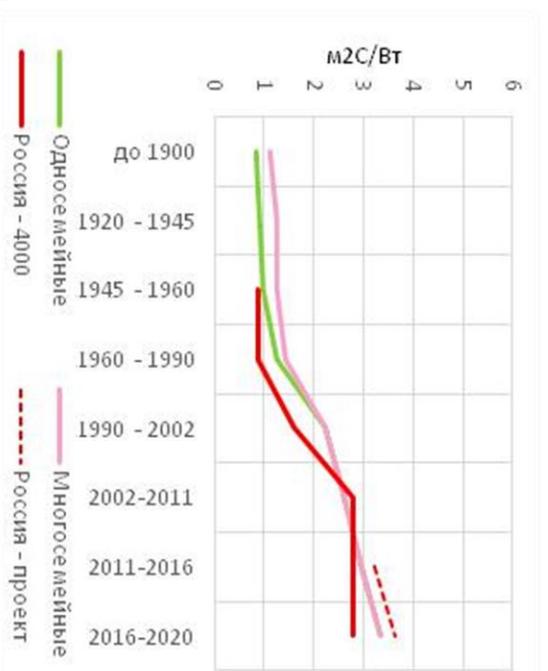


Рисунок 6 - Эволюция нормативных требований к показателю приведенного сопротивления теплопередаче стен в России и в отдельных странах ЕС: а) Финляндия – 6435 ГСОП; (б) Швеция - 5988 ГСОП; (в) Чехия – 3928 ГСОП

Требования по сопротивлению теплопередаче стен в Финляндии – 6,7 м<sup>2</sup>С/Вт (на 2016-2020 гг.), в Швеции – 5,6 м<sup>2</sup>С/Вт (действующие), в Норвегии – 5,6 м<sup>2</sup>С/Вт (действующие), в Германии – 5,6 м<sup>2</sup>С/Вт в 2011-2016 гг., в Эстонии – 4,4 м<sup>2</sup>С/Вт (действующие), в Дании – 4 м<sup>2</sup>С/Вт (действующие). В Москве с 2016 г. установлены следующие нормативы по приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций: для стен – 4 м<sup>2</sup>С/Вт;

для совмещенных перекрытий – 6 м<sup>2</sup>°С/Вт; для чердачных и цокольных перекрытий – 5,2 м<sup>2</sup>°С/Вт; для окон и балконных дверей – 1 м<sup>2</sup>°С/Вт. То есть в г. Москве с 2016 г. отставание в параметрах теплозащиты от лучших зарубежных стран сокращается.

В России в целом нормативы по теплозащите с 2012 г. остались на уровне параметров 2003 г.: 2,8-3,5 м<sup>2</sup>°С/Вт (для сходных с европейскими климатических условий). При сходных климатических параметрах действующие российские нормативы по сопротивлению теплопередаче уступают лучшим значениям для зарубежных стран по всем элементам ограждающих конструкций – стенам, крыше, полу, окнам и дверям.

Выполнение целевых установок приказа Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» по снижению удельного расхода энергии в новых МКД с 1 июля 2018 г. на 20%; с 1 января 2023 г. – на 40%, а с 1 января 2028 г. – на 50% должен ознаменовать переход к пятому поколению индустриального домостроения на основе существенного сокращения разрыва в параметрах теплозащиты МКД с ведущими странами мира.

Для выполнения требований, вступивших в действие с 1 июля 2018 г., необходимо усилить тепловую защиту на 40-100% для стен, кровель и окон в зависимости от установленного инженерного оборудования, наличия индивидуальных тепловых пунктов с автоматическим погодным регулированием, систем рекуперации воздуха. Таким образом, для выполнения вступивших в действие требований потребуется проектирование ограждающих конструкций с высокими показателями сопротивления теплопередаче. Например, для наружных стен требуемое сопротивление теплопередаче,  $R_{O}^{TP}$ , должно составлять от 4 до 6 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

## **1.5. Современное состояние проблемы тепловых потерь через стены**

Конкурентоспособность территориальной экономической системы складывается из эффективности использования региональных ресурсов и определяется способностью создавать и поддерживать привлекательную среду для развития бизнеса и процветания населения. Одними из наиболее значимых факторов для населения являются развитая инфраструктура, состояние окружающей среды и условия проживания [2], в последние годы — энергосбережение и связанные с ним экологические вопросы [4, 5].

Эффективное энергосбережение должно базироваться на рациональном производстве и использовании энергии на всех уровнях с учетом выбора наиболее эффективных мер, их технико-экономического обоснования, адекватной энергетической политики, энергетического менеджмента, переработки и рекуперации энергии, а также образования в области энергосбережения. Принятие рациональных энергосберегающих решений на каждом этапе проектирования — начиная отдельным зданием и заканчивая генеральным планом города — способно формировать целостную систему управления энергетической эффективностью города. Одним из барьеров на пути к энергосбережению и устойчивому развитию является отсутствие комплексного подхода к реконструкции городов с учетом энергосберегающей политики. В связи с этим возникла необходимость разработки методических основ энергосберегающей реконструкции городской застройки, которая должна служить основой для принятия решений по выполнению требований по энергетической эффективности, экологии и комфортному проживанию на территории города.

Реконструкция застройки в широком смысле направлена на придание современных экономических, социальных и технических качеств его структуре, объектам и коммуникациям [6]. Однако в настоящее время перед муниципальными образованиями в части решения градостроительных проблем

встал вопрос реализации Федерального закона от 23.11.2009 № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Перед муниципальными образованиями поставлены задачи выполнения требований энергоэффективности к зданиям и сооружениям в части снижения удельного потребления энергоресурсов на 15 % до 2016 г., на 30% за 2016-2020 гг. и на 40 % после 2020 г.

Многие страны в последнее время реализовывают программы по энергосбережению. Большинство программ направлено на снижение энергетических потребностей новых поколений, сохранение энергоресурсов и улучшение окружающей среды. В Российской Федерации проблема энергосбережения также решается программно-целевыми методами. Разработанные программы, как правило, учитывают решение отраслевых проблем. Однако вопросы энергосбережения могут и должны рассматриваться и в территориальном аспекте применительно к городской территории и ее частям [6, 5]. Масштабное строительство новых производств обуславливает необходимость проведения энергосберегающих мероприятий, учитывающих градостроительные особенности муниципальных образований, энергоэффективное размещение производителей и потребителей энергии, жилищной сферы в пространстве. Повышается значимость в осуществлении энергосбережения методами районной планировки, территориального планирования и архитектурно-строительного проектирования. В связи с необходимостью внедрения в проекты реконструкции городской застройки комплекса локальных и зонально-территориальных энергосберегающих мероприятий, вводится новое понятие — «энергетически эффективная реконструкция городской застройки», которая представляет собой процесс преобразования и обновления сложившейся городской застройки, обусловленный постоянным повышением требований энергетической эффективности.

Из-за недостатка методического обеспечения государственные целевые программы повышения энергоэффективности не достигают требуемого уровня [7, 18].

Оценка теплопотерь через ограждающие конструкции здания доказывает, что наиболее вероятная утечка поставляемого в квартиры тепла проходит по следующим направлениям:

- 1) «мостики холода» — 28 %;
- 2) остекление — 28 %;
- 3) фасады — около 25 %;
- 4) кровля, перекрытия — около 19 %.

Использование энергосберегающих технологий и материалов, а также повышение энергоэффективности объектов строительной индустрии можно считать одним из приоритетных направлений современного развития мировой экономики [9]. Вероятность возможного дефицита энергетических ресурсов приводит к значительному увеличению их стоимости при существующих объемах и темпах роста потребления, учитывая ограниченность действующих и слабый прогресс альтернативных энергоисточников [10].

В сфере реконструкции внедрение энергоэкономичных материалов и решений (например, нетрадиционные системы; новые строительные материалы с высокими теплозащитными свойствами; оборудование, обеспечивающее необходимые параметры микроклимата) является фактором, влияющим на уменьшение теплопотерь [11].

### **1.5.1. Отечественный опыт снижения теплопотерь**

Методы, ведущие к снижению теплопотерь, разделяют на активные и пассивные. К активным относится применение различных устройств регулировки подачи тепла в помещение (ручное и автоматическое), а также

установка счетчиков тепла. К пассивным — улучшение теплоизоляции ограждающих конструкций и магистральных теплосетей, а также увеличение теплоотдачи радиаторов и других теплообменников. Но только комплекс всех методов и обязательная индивидуальная экономическая ответственность потребителя сможет привести к существенному энергосбережению [11, 19]. Пассивные методы сокращения теплопотерь предполагают утепление ограждающих элементов здания, окон, дверей и крыш.

Для утепления ограждающих конструкций применяют два вида изоляционных материалов — жесткие (плиты пенополистирола, напыляемый пенополиуретан и др.) и мягкие (плиты или маты из минеральной ваты или стекловаты) [12]. Эти материалы закрепляются на стене с помощью «плавающих» элементов, которые позволяют в силу различных теплофизических свойств стены и теплоизоляционной системы совершать их небольшие перемещения относительно друг друга. Наружная сторона оклеивается синтетической сеткой либо устанавливается металлическая сетка, затем наносится 1-2 слоя специальной штукатурки и окраска [23].

Существуют также теплоизоляционные плиты, имеющие полную заводскую готовность и не требующие после монтажа дополнительных отделочных работ.

На практике используется теплозащита с внутренней или наружной стороны стены. Также возможно устройство утеплителя с обеих сторон стены (комбинированный способ) [20].

В первом случае утеплитель расположен в благоприятных условиях, а значит, его не нужно защищать от климатических воздействий, монтаж теплозащиты не зависит от времени года. Но при расположении утеплителя в помещении сокращается площадь, возникает необходимость устройства пароизоляции. Рационально применять этот метод при реконструкции.

При теплозащите с наружной стороны стены недостатки первого случая отсутствуют, но для качественного монтажа утеплителя необходимо устройство надежного защитного слоя, что усложняет и удорожает строительство. Таким образом, создается термооболочка, защищающая ограждающие конструкции от возникновения «мостиков холода».

Комбинированный метод в настоящее время не применяется из-за повышенных затрат труда. Он использовался в тех случаях, когда требовалось восстановление теплозащитных качеств ограждающих конструкций. Для этого оштукатуривали стены «теплыми» растворами с двух сторон [12].

Наиболее эффективно с позиции начальных затрат уменьшение теплопотерь через окна. Возможно два способа — замена старых окон на энергосберегающие и ремонт старых. Современные окна различаются материалом рам и створок (деревянные, дерево-алюминиевые, пластмассы — ПВХ и стеклопластики), свойствами стекол и стеклопакетов. Теплоизоляционные свойства таких окон имеют довольно большой диапазон, различается и их стоимость [13].

Основной проблемой жилых зданий с частично выработанным ресурсом эксплуатации являются низкая энерго- и ресурсоэффективность и экологичность, обусловленные износом элементов конструкции зданий за время эксплуатации без восстановительных ремонтов

При реконструкции улучшаются эксплуатационные характеристики жилых зданий. Важнейшей из таких характеристик является тепловая эффективность здания, определяемая средним годовым расходом топлива для отопления и горячего водоснабжения одного квадратного метра общей площади.

Энергопотребление зданий зависит от уровня теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций, объемно-планировочного решения, системы вентиляции и оснащения инженерным оборудованием. Имеются важные особенности энергосбережения в домах старой постройки, связанные с

тем, что низкий уровень теплозащиты ограждающих конструкций является основной причиной нарушения комфортности и перерасхода энергии на отопление здания.

Роль теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций в энергетическом балансе здания при эксплуатации, как правило, постоянна во времени.

Роль же отопительной, вентиляционной систем, контрольной и регулировочной аппаратуры за отпуском тепла, а также теплообменников, отбирающих тепло от выбрасываемого в атмосферу загрязненного воздуха, переменна. Она может существенно снижаться в результате естественного износа и бесхозяйственности и, наоборот, повышаться при замене на более совершенную систему и улучшения культуры технической эксплуатации [2].

Трансмиссионные теплотери через ограждающие конструкции в среднем составляют всего около 1/4 от суммарных энергозатрат на функционирование здания. Поэтому вряд ли оправдано основное внимание повышению теплозащиты ограждений, особенно несветопрозрачных, поскольку при такой структуре энергетического баланса увеличение сопротивления теплопередаче даже в два (!) раза приведет к сокращению общего энергопотребления всего на 12,5%. В то же время гораздо большее место (около половины) в энергетическом балансе старых зданий занимают расходы на подогрев воздуха, главным образом в системах естественной или механической вентиляции [3].

Вместе с тем если подходить корректнее к проблеме энергосбережения, то требуемый уровень теплозащитных качеств утепляемых наружных стен даже для одних и тех же зданий можно было бы принять различным. Но это зависит от того, насколько целесообразна замена повышенных теплотерь или наоборот энергосберегающего эффекта от наружных стен на энергосберегающий эффект от других наружных конструкций здания или на эффект от улучшения

эксплуатационного режима. Основные трудности реализации такого подхода связаны с тем, что изменение теплозащитных качеств наружных стен влечет за собой и изменение их температурно-влажностного режима, прочности, долговечности, а также усложнения в конструировании ограждений.

Ввиду высокой степени износа деревянных окон в реконструируемых зданиях необходимо реализовать энергосберегающий потенциал (до 30%) новых конструкций энергоэффективных окон, которые являются высокорентабельным (более 20%) техническим решением наряду с утеплением наружных стен старых зданий [4,5].

В связи с климатическими условиями, долгими и холодными зимами на теплоснабжение зданий в настоящее время затрачивается около 430 млн. т условного топлива, или примерно 45% всех энергетических ресурсов, расходуемых в стране. В холодные зимы эта цифра вырастает ещё на 30-50 млн. т условного топлива. На эти цифры влияет не только всем известные «могучие русские зимы», но и плохое утепление ограждающих конструкций, устаревшее инженерное оборудование и отсутствие усовершенствованного регулирования теплоносителя.

Моментальное переустройство каждого энергетически неэффективного здания на эффективное сэкономит энергию в жилых зданиях в размере 276 млн Гкал, что эквивалентно экономии 52 млн т условного топлива в год, в том числе 4 млн т нефти и 24 млрд куб. м природного газа. Тем не менее, каждый год в Российской Федерации демонтируется всего 0,5% из общего количества домов, что означает, что на естественный выход ветхого жилья из общего фонда недвижимости надеяться не стоит, на это уйдет не одно столетие. Повлиять на данную ситуацию возможно путем утепления зданий, которое при разумных затратах сможет обеспечить экономию в размере 35-60% от настоящего уровня потребления. Но отсутствие нормальных программ по капитальному ремонту, правильного распределения денежных средств в данной системе, нацеленности на проведение энергосберегающих программ в старом жилье блокируют

реализацию данного потенциала. Стоит заметить, что более 60% эффекта достигается за счет изменения здания в целом и 40% - применением мер по энергосбережению в каждой квартире. Ремонт и реконструкция существующего жилищного фонда снизит объем выхода жилья по причине ветхости, понизит уровень морального износа всего фонда недвижимости, повысит комфорт проживания людей, поспособствует снижению расхода энергетических ресурсов, экономии денежных средств, улучшит эстетический вид застройки.

Важную роль в теплопотерях играет вентиляционный эффект лестничных клеток, лифтовых холлов и подъездов в целом. Установка специальных входных тамбуров, смена заполнения входных дверей на более эффективное, наличие «воздушной завесы» значительно снизят тепловые потери.

Комплекс работ структурной перестройки зданий:

- замена оконных наполнений;
- ремонт балконных элементов, остекление балконов;
- автоматизация и обновление инженерного оборудования;
- установка приборов учета и регулирования тепла;
- утепление и ремонт фасадов;
- дополнительное утепление перекрытий подвала и чердака;
- частичный или полный ремонт кровельного покрытия.

Главной проблемой жилых зданий с неправильной эксплуатацией в течение всего жизненного цикла являются пониженная экологичность, энерго- и ресурсоэффективность, определенные износом всех элементов зданий за время эксплуатации без своевременного капитального или же текущего ремонта конструкций и оборудования.

При модернизации, капитальном ремонте, реконструкции повышаются эксплуатационные качества жилых зданий. Важнейшим из таких качеств

является теплоэффективность здания, обуславливаемая средним годовым расходом топлива, потраченного на отопление и горячее водоснабжение одного квадратного метра общей площади.

Потребление энергии здания зависит от степени качества тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, планировки помещения, вентиляционной системы, наличия индивидуального теплового пункта и поквартирной регулировки тепла, оснащение обновленного автоматического инженерного оборудования. Существуют важные специфики энергосбережения в домах, построенных полвека назад, связанные с тем, что низкий уровень тепловой защиты ограждающих конструкций является главной причиной снижения комфорта и большого расхода энергии на теплоснабжение дома.

Роль теплоизоляционных характеристик наружных ограждающих конструкций в энергетическом балансе здания при эксплуатации, как правило, не изменяется со временем. Роль же систем отопления и вентиляции, контрольной и регулировочной аппаратуры за отпуском тепла, а также теплообменников, отбирающих тепло от выбрасываемого в атмосферу загрязненного воздуха, переменна. Она может довольно сильно уменьшаться в результате физического износа со временем и, наоборот, увеличиваться при обновлении её на более совершенную систему и улучшения культуры технической эксплуатации [2].

Замена старого остекления в квартирах является важнейшим фактором повешения энергоэффективности. Среди стёкол с высокой степенью энергосбережения стоит выделить стеклопакеты, заполненные аргоном и имеющие селективное покрытие внутренней поверхности.

В течение отопительного периода возможно сэкономить тепловую энергию путем замены стеклопакетов на 10,5% для стеклопакетов с твердым селективным покрытием, на 13,3% - с мягким селективным покрытием и на 16,5% - с установленным тепловым зеркалом.

### 1.5.2. Зарубежный опыт

Реконструкция и модернизация существующего жилищного фонда и, в первую очередь, жилых домов первых массовых серий, обеспечит снижение объемов выбытия жилья по ветхости, снижение расходов потребления и потерь энергоресурсов, повышение безопасности проживания и комфорта, архитектурного качества застройки. Реконструкция повысит стандарт потребительского качества жилья на вторичном рынке и ускорит приватизацию, сделает более плавным процесс продвижения жилищной коммунальной реформы, когда снижение затрат по расчетам за коммунальные услуги компенсирует повышение тарифов за энергопотребление.

Зарубежный опыт реконструкции и модернизации малоэтажных жилых зданий, выполненных из сборных конструкций, использует различные технические решения, способствующие доведению жилищного фонда до требуемого уровня комфортности проживания, повышению эксплуатационной надежности как строительных, так и инженерных систем, направленных на снижение теплопотерь, расхода холодной и горячей воды, управление микроклиматом помещений в различные сезоны года.

Наиболее характерными приемами и технологиями по реконструкции, модернизации и санации жилых домов пользуются скандинавские страны (Финляндия, Швеция), страны центральной Европы (Германия, Франция) с учетом климатических условий эксплуатации зданий. Большой опыт реконструкции крупнопанельных жилых зданий имеется в Германии. В зависимости от характера застройки используют различные технологические схемы повышения эксплуатационной надежности зданий.

Массовой технологией является санация зданий, основанная на замене оконных и балконных заполнений, инженерного оборудования, ремонте балконных элементов и устройстве специальных ограждений, ремонте

помещений без отселения жильцов, утеплении фасадных поверхностей, чердачных и подвальных перекрытий, восстановлении кровельных покрытий.

Одним их важных этапов санации является снижение теплопотерь за счет исключения вентиляционного эффекта подъездов и лестничных клеток путем устройства специальных входных тамбуров, утепления внешних поверхностей панелей лестничных клеток, замены на более энергоэффективные дверных заполнений.

### **1.5.3. Системы утепления жилых зданий**

Ни один из традиционных строительных материалов (железобетон, кирпич, ячеистый бетон) не способен в однослойной ограждающей конструкции обеспечить требуемое значение приведенного сопротивления теплопередаче при разумной толщине ограждающей конструкции.

Теплоизоляция зданий позволяет:

- существенно снизить расход энергии на обогрев и кондиционирование помещения;
- защитить стену от переменного замерзания и оттаивания и других атмосферных воздействий;
- сгладить температурные колебания ограждающей конструкции (стены), благодаря чему исключается появление в ней трещин вследствие неравномерных температурных деформаций, что особенно актуально для наружных стен из крупных панелей;
- увеличить долговечность стен здания;
- вынести точку росы во внешний теплоизоляционный слой, благодаря чему исключается появление сырости на внутренней части стены;
- создать благоприятный режим паропроницаемости стены;
- сформировать более благоприятный микроклимат помещения (без образования конденсата на стенах, появления сквозняка в помещении и пр.);

- улучшить оформление фасадов реконструируемых или ремонтируемых зданий;
- произвести утепление не уменьшая площади помещений;
- обеспечить возможность утепления зданий без отселения жильцов при проведении работ.

При реконструкции зданий для уменьшения теплопроводности наиболее популярные способы утепления здания: технология мокрый фасад и устройство вентилируемого фасада.

### *Система утепления «Мокрый фасад»*

Мокрые фасады в отличие от навесных имеют упрощенную конструкцию, представленную на рисунке 7, но вместе с тем достойно выполняют функцию внешней теплозащиты здания. Декорируются мокрые фасады обычно тонким слоем штукатурки. Такая конструкция позволяет эксплуатировать здание в переменчивом российском климате, а также экономить на отоплении и облицовке.

Определение «мокрый» строители, подрядчики и потребители ввели в употребление потому, что для возведения такого типа фасада используются водные и другие растворы и составы. В отличие от своего вентилируемого, этот фасад имеет в своей конструкции шпатлевки, грунтовки, краски.

Неоспоримым достоинством использования штукатурки является широкий спектр дизайнерских решений при воплощении современных проектов и отделки строений «под старину», ведь при помощи штукатурки можно создавать самые разные текстуры. А специальными финишными красками для наружных работ расставляются цветовые акценты.

Использование утеплителя по наружной стене здания позволяет отодвигать точку росы изнутри. Таким образом, все внутренние конструкции надежно защищаются от проникновения атмосферной влаги и осадков,

которые при замерзании способствуют преждевременному механическому разрушению материалов и/или активируют коррозионные процессы.

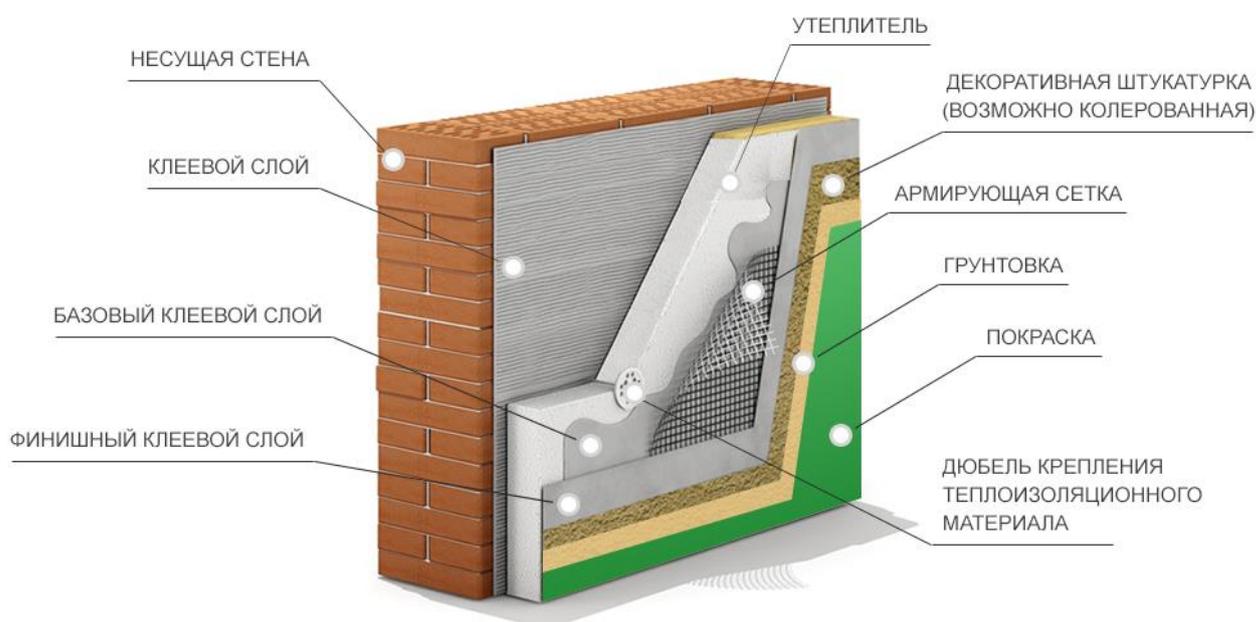


Рисунок 7 – Конструкция системы утепления «Мокрый фасад»

Здания с наружным утеплением не только более долговечны, но и значительно более комфортны для проживания за счет сбережения оптимальных температур во внутренних помещениях. А также менее энергозатратны при эксплуатации.

Единственным относительным недостатком фасада мокрого типа является то, что большую часть работ по его возведению следует выполнять при особых благоприятных условиях:  $t +5$  и более, отсутствие осадков и жесткого солнечного излучения.

Ремонт фасада мокрого типа при правильном подходе можно отложить на 20-30 лет. Косметические дефекты (износ верхнего штукатурного слоя) придется проводить чаще, но он не требует больших финансовых и трудовых затрат.

### *Система утепления вентилируемый фасад*

Конструкция, собираемая с внешней стороны стен здания, состоящая из соединенных между собой фасадных кронштейнов, направляющих профилей и фасадной облицовки на рисунке 8. В качестве облицовки вентфасада можно использовать различные панели: например, для многоэтажных строений, хорошо подойдут алюминиевые композитные панели, которые придадут техногенный стиль фасаду дома и будут отлично сочетаться с фасадным остеклением и витражами. А для малоэтажных частных домов, более всего подойдут фактурные фасадные панели, например панели под дерево, или панели под камень. Комбинируя различные типы фасадных панелей, например, панели под кирпич с панелями под штукатурку, можно достигнуть неповторимого, выразительного облика дома.

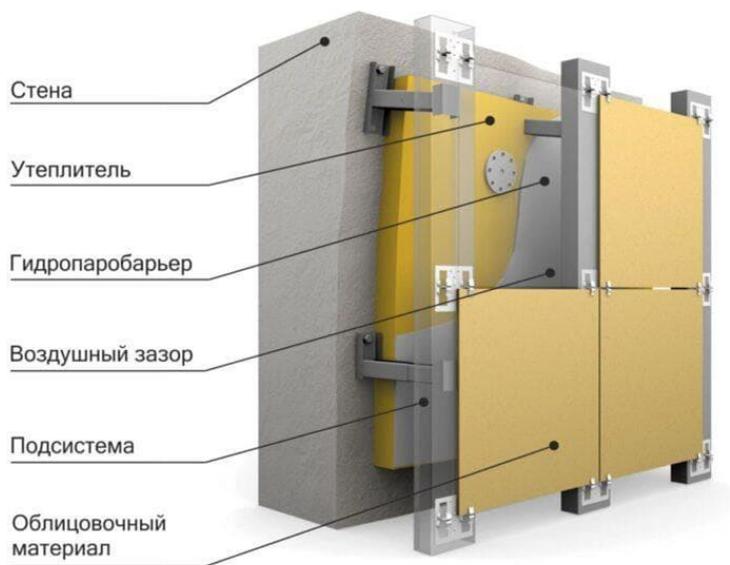


Рисунок 8 – Конструкция системы утепления вентилируемый фасад

Главное отличие вентилируемого фасада от других типов фасадных систем - это наличие конструкционного зазора между облицовкой и несущей

стеной. В этом зазоре происходит постоянное перемещение воздуха снизу вверх. Благодаря постоянной циркуляции воздушного потока, происходит удаление излишков влаги из несущих стен или из утеплителя, размещенного снаружи несущей стены.

Преимущества вентилируемого фасада:

- 1.Монтаж вентилируемого фасада возможен в любое время года;
- 2.Высокая ремонтпригодность: можно быстро заменить часть поврежденной облицовки фасада без ущерба для других частей фасада;
- 3.Вентилируемый фасад позволяет "правильно" утеплять стены, утеплитель размещается с внешней стороны стен дома;
- 4.Вентилируемый фасад позволяет стенам "дышать", продляет срок их эксплуатации, создает правильный микроклимат в доме;
- 5.Небольшой вес вентилируемого фасада позволяет монтировать его на любые типы несущих стен;
- 6.При желании можно просто поменять облицовку вентилируемого фасада, как обои, не меняя несущую конструкцию.

Недостатками вентилируемого фасада являются:

- 1.Неоднородность конструкции;
- 2.Усадка, утоньшение и деформация слоя утеплителя. Используемая в качестве утеплителя системы вентфасадов минеральная вата, под нагрузкой комплекса эксплуатационных воздействий, уплотняется и дает усадку;
- 3.Водопоглощение;
- 4.Высокая стоимость технологии;
- 5.Вынос вредных волокон в окружающую среду.

## **Глава 2. Численное исследование НОК утепленных системами вентилируемого и «мокрого» фасадов**

### **2.1. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи НОК**

#### **2.1.1. Климатические и теплотехнические характеристики**

В ходе работы был проведен теплотехнический расчет НОК утепленный двумя системами: «Мокрый фасад» и вентилируемый в климатических условиях г. Красноярск.

Согласно [20] принимаем следующие климатические характеристики:

Район строительства - г. Красноярск;

Климатический район строительства - IV (рисунок А.1, [20]);

Условия районирования строительно-климатической зоны - наименее суровые (рисунок А.2, [20]);

Влажностный режим помещения - нормальный (табл. 1, [3]);

Зона влажности - сухая (приложение В, [3]);

Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности (по таблице 2, [20]) для г. Красноярск – А;

Минимальная температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 – минус 37 °С [20];

Средняя температура периода со средней суточной температурой ниже или равной 8 – минус 6,5 °С [20];

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С - 235 сут [20];

Расчётные коэффициенты теплопроводности материалов приняты для условий эксплуатации по А согласно [3].

Продолжительность отопительного периода  $z_{от} = 235$  сут [20].

Средняя температура отопительного периода  $t_{от} =$  минус 6,5°С [20];

Расчетная температура внутреннего воздуха  $t_{в} = +21$ °С [21].

Исходные данные для расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Характеристики и теплофизические свойства материалов			
№ п/п	Наименование материала	Толщина, м	Коэффициент теплопроводности Вт/м <sup>2</sup> ·°С
<i>Стена панельного здания, утепленная системой вентилируемого фасада</i>			
1	Керамзитобетон (несущий слой)	0,11	0,7
2	Внутренний теплоизоляционный слой (пенополистерол)	0,18	0,040
3	Железобетон (защитный слой)	0,06	1,92
4	Анкер	d8x0,100	58
5	Основание кронштейна	2x96	58
6	Минеральная вата	0,1	0,040
<i>Стена панельного здания, утепленная системой «мокрого» фасада</i>			
1	Керамзитобетон (несущий слой)	0,11	0,7
2	Внутренний теплоизоляционный слой (пенополистерол)	0,18	0,040
3	Железобетон (защитный слой)	0,06	1,92
4	Минеральная вата	0,10	0,040
5	Базовый армированный слой	0,003	-
6	Адгезионная грунтовка	-	-
7	Декоративная штукатурка с полимерными добавками	0,005	1

### 2.1.2. Методика теплотехнического расчета наружных стен

От теплотехнических качеств наружных ограждений зданий зависят:

- благоприятный микроклимат зданий, то есть обеспечение температуры и влажности воздуха в помещении не ниже нормативных требований;
- количество тепла, теряемого зданием в зимнее время;
- температура внутренней поверхности ограждения, гарантирующая от образования на ней конденсата;
- влажностный режим конструктивного решения ограждения, влияющий на его теплозащитные качества и долговечность.

Создание микроклимата внутри помещения обеспечивается за счет:

- соответствующей толщины и эффективности ограждающей конструкции;
- мощности систем отопления, вентиляции или кондиционирования.

Методика теплотехнического расчета основана на том, что оптимальная толщина и эффективность конструкции находится, исходя из:

- климатических показателей района строительства;
- нормативных санитарно-гигиенических условий эксплуатации зданий и помещений;
- условий энергосбережения.

Методика теплотехнического расчета заключается в определении экономически целесообразного сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции. При этом расчетное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче.

Для плоского элемента условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки определяется по формуле:

$$R_{01}^{усл} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum R_s + \frac{1}{\alpha_{н}}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{в}$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), принимаемый согласно [3, табл. 4];

$\alpha_{н}$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), принимаемый согласно [3, табл. 6];

$R_s$  - термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, (м<sup>2</sup> · °С)/Вт.

Площадь стены, вошедший в расчетный участок  $S = 1$  м<sup>2</sup>.

### **2.1.3. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи систем утепления**

Произведем расчет сопротивления теплопередачи для утепленных ограждающих конструкций

Расчет показателя для *вентилируемого фасада*:

Сопrotивление теплопередаче определяется по формуле (2):

$$R_{01}^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,11}{0,7} + \frac{0,18}{0,04} + \frac{0,06}{1,92} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{1}{23} = 7,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Расчет показателя для «*мокрого фасада*»:

Сопrotивление теплопередаче определяется по формуле (2):

$$R_{02}^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,11}{0,7} + \frac{0,18}{0,04} + \frac{0,06}{1,92} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{0,005}{1} + \frac{1}{23} = 7,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$
 По

теоретическому расчету системы имеют примерно равный состав, что говорит об одинаковых теплопотерях.

## 2.2. Расчет теплопотерь

Потери теплоты через участок однородной стены определяется по формуле:  $Q_1 = ([t_b - t_n] / (R_{01}^{усл} \cdot 1\text{м}) \cdot S,$  (3)

где  $t_b$  - расчетная температура внутреннего воздуха, °C;

$t_n$  - расчетная температура наружного воздуха, °C;

$S$  - площадь однородной части конструкции, вошедшей в расчетную область при расчете температурного поля, м<sup>2</sup>.

Потери теплоты через участок однородной стены определяются по формуле (3):

$$Q_1 = [21 - (-37)] / 7,35 \cdot 1 \cdot 1 = 15,22 \text{ Вт/м}$$

$$Q_2 = [21 - (-37)] / 7,5 \cdot 1 \cdot 1 = 16,38 \text{ Вт/м}$$

Вывод: при сравнении характеристик приведенное сопротивление теплопередачи и теплопотери через НОК для двух систем утепления, пришли к выводу, что данные значения не являются основополагающими при выборе, т.к. данные показатели регулируются толщиной теплоизоляционного материала.

## 2.3. Экономическая оценка систем

### 2.3.1. Расчет стоимости монтажа 1 м<sup>2</sup> системы

Для определения стоимости ограждающих конструкций произведен локальный сметный расчет стоимости базисно-индексным методом. Расчет представлен в приложении А.

Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты локального сметного расчета		
Показатель	«Мокрый фасад»	Вентилируемый фасад
Стоимость отделки фасада с утеплением, руб/м <sup>2</sup>	5515,04	8482,32

Из таблицы видно, что стоимость монтажа вентиляруемого фасада на 1 м<sup>2</sup> на 35% дороже.

### 2.3.2. Расчет срока окупаемости

Для оценки экономической эффективности рассчитаем простой срок окупаемости, при условии, что тарифы не изменяются по формуле:

$$T = \Delta K / \Delta \text{Э}, \quad (3)$$

где  $\Delta K$  - капитальные затраты на утепление фасада;

$\Delta \text{Э}$  – эксплуатационные затраты.

Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение сроков окупаемости		
Показатель	«Мокрый фасад»	Вентилируемый фасад
Срок окупаемости	25 лет	32 года

Из таблицы 5 делаем вывод, что срок окупаемости мокрого фасада быстрее на 11 лет. Для проведения полной сравнительной оценки необходимо обработать вопрос долговечности систем утепления.

## Глава 3. Экспериментальное исследование

Одним из элементов комплексной оценки утепления НОК при реконструкции является долговечность. Если срок службы мокрого фасада 20-25

лет [22] при своевременном ремонте, то у вентилируемого фасада по заявлению изготовителей 50 лет безремонтной эксплуатации, что не подтверждается расчетными данными.

НВФ стали применяться в Сибири без каких-либо принципиальных изменений в условиях, в которых изначально их не предполагалось эксплуатировать. Таким образом, появляются новые сложные многослойные конструкции стенового ограждения с большим количеством теплотехнических неоднородностей, требующие тщательного дополнительного изучения, прежде всего в условиях низких отрицательных температур.

Навесные вентилируемые фасады монтируются на металлический каркас, который закрепляется, как правило, стальными анкерами через слой теплоизоляции к несущей части стены здания. Несмотря на удобство монтажа и эксплуатации, высокую ремонтпригодность, такая конструкция несёт в себе существенные недостатки, нарушая в значительной степени теплотехническую однородность ограждающих конструкций, сокращая долговечность конструкции.

Целью расчётов была оценка влияния анкеров крепления НВФ на долговечность ограждающей конструкции.

### **3.1. Расчет распределения температуры на контакте с анкером вентилируемого фасада стеновых ограждающих конструкций и вдали в программном комплексе COMSOL Multiphysics**

С помощью программного комплекса COMSOL Multiphysics были проведены исследования долговечности НОК по методике разработанной научно-исследовательским институтом строительной физики.

При моделировании в программном комплексе была задана стеновая панель, облицованная навесным фасадом с включениями в воде анкеров крепления. Температурные потоки и конструкция представлены на рисунке 9.

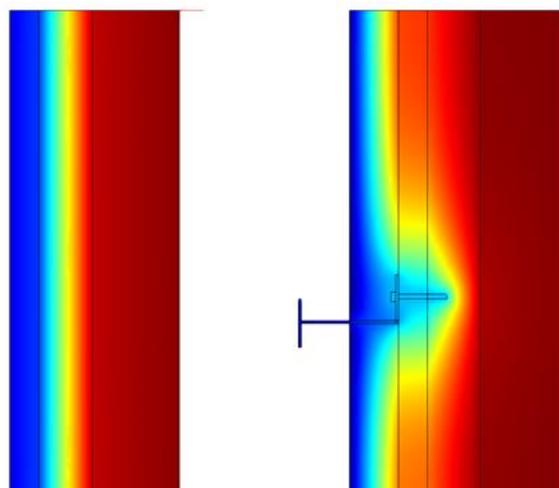


Рисунок 9 – Тепловой поток через НОК без включения и с включением анкера

В результате моделирования была получена следующая диаграмма распределения температур в течении 3-х лет при условии изменения температуры каждые 3 часа на рисунке 10.



Рисунок 10 – Распределение температур при переменном замораживании и оттаивании на контакте и вдали анкера

Как видно из графика, на контакте с анкером крепления НВФ наблюдается локальная зона пониженных температур. Это обусловлено высокой теплопроводностью материала анкера, относительно высокой теплопроводностью защитного слоя и низкой теплопроводностью наружного и внутреннего утеплителей ограждающей конструкции. Таким образом, создаются условия, при которых возникает зона пониженных температур, появляется подобие «термоса», который отсекает тепловой поток в положительном

направлении, позволяя тепловому потоку в отрицательном направлении проходить вглубь стенового ограждения.

### 3.2. Расчет долговечности по потере прочности наружного промерзающего слоя

Выполним теоретический расчет долговечности по потере прочности наружного промерзающего слоя по формуле Александровского.

В основе расчета – определить какое количество льда будет образовываться при данной температуре в водонасыщенном состоянии по сравнению с условиями его стандартных испытаний на морозостойкость ( $t = \text{минус} 20^\circ\text{C}$ ,  $W = W_n$ ).

Относительная доля замерзающей влаги в условиях эксплуатации определяется по формуле:

$$\frac{W_{лз}}{W_{лн}} = \frac{W_э - W_p}{W_n - W_p}, \text{ где} \quad (4)$$

$W_p$  - равновесная влажность материала, ниже которой при отметки  $t = \text{минус} 20^\circ\text{C}$  лед в нем не образуется.

Коэффициент пористости

$$\xi_n(t) = \frac{W_{лз}(t)}{W_{лн}(t)} | t = -20^\circ\text{C} \quad (5)$$

Коэффициент  $\xi_n$  для многих материалов – табличное значение. Типичные кривые снижения прочности при их стандартном испытании на морозостойкости показывают, что при увеличении числа циклов замораживания за предельные границы участка линейного накопления микрповреждений, начинается его почти лавинное снижение прочности.

В условиях эксплуатации конструкции этого нельзя допускать, так как при этом быстро может быть потеря начальный коэффициент запаса прочности, и конструкция будет близка к аварийному состоянию, при котором случайные перегрузки (ветер, перепады температуры, снег) могут вызвать разрушение.

Таким образом, допустимое снижение прочности не должно превышать  $\Delta R$ . Если материал в слоях промерзания ограждения находился в условиях стандартных испытаний на морозостойкость ( $t = \text{минус } 20^\circ\text{C}$ ), то снижение его прочности за 1 цикл

$$\frac{\Delta R_N}{N}, \text{ где} \quad (6)$$

$N$  – число циклов попеременного замораживания.

В наружном слое ограждающих материалов на летне-осеннем и зимне-весеннем интервалах года, когда возможно его попеременное оттаивание и замораживание, переход через  $0^\circ\text{C}$  будет находиться на некоторой эксплуатационной  $W_\varepsilon < W_H$  поэтому в таких условиях снижение прочности за 1 цикл перехода через  $0^\circ\text{C}$  будет меньше и с учетом формулы (6) можно сделать вывод:

$$\frac{\Delta R_N}{N} = \frac{\Delta R_N \cdot W_{лэ}}{N \cdot W_{лн}} = \frac{\Delta R_N}{N} \left( \frac{W_\varepsilon - W_p}{W_H - W_p} \right) \quad (7)$$

Если таких переходов в году будет  $n_i$  количество и каждый или несколько из них будет происходить не до температуры стандартных испытаний, то  $t_i$  это снижение прочности за 1 год будет равно

$$\Delta R_\varepsilon = \frac{\Delta R_N \cdot Q}{N} \left[ \left( \frac{W_{\varepsilon, \text{весна}} - W_p}{W_H - W_p} \right) \cdot \sum n_{i, \text{весна}} \cdot \xi_n(t) + \left( \frac{W_{\varepsilon, \text{осень}} - W_p}{W_H - W_p} \right) \cdot \sum n_{i, \text{осень}} \cdot \xi_n(t) \right], \text{ где}$$

$W_{\varepsilon, \text{весна}}$  и  $W_{\varepsilon, \text{осень}}$  – расчетные массовые отношения влажности в материале промерзающего слоя на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года;

$n_{i, \text{весна}}$  и  $n_{i, \text{осень}}$  – число соответствующих переходов через  $0^\circ\text{C}$  в это время с температурой его замерзания  $t_i$ ,

а  $\xi(t)$  – соответствующий этой температуре коэффициент льдистости.

Наконец, за время эксплуатации в годах долговечность будет равняться:

$$Q = \frac{\Delta R_\varepsilon \cdot Q}{\Delta R_N \cdot \left[ \left( \frac{W_{\varepsilon, \text{весна}} - W_p}{W_H - W_p} \right) \cdot \sum n_{i, \text{весна}} \cdot \xi_n(t) + \left( \frac{W_{\varepsilon, \text{осень}} - W_p}{W_H - W_p} \right) \cdot \sum n_{i, \text{осень}} \cdot \xi_n(t) \right]} \quad (9)$$

Выполним расчет.

Исходные данные:

Морозостойкость защитного слоя - марка F=300, факт 310 циклов при коэффициенте вариации  $v=5,5\%$  (ГОСТ)

Влагосодержание бетона в условиях эксплуатации  $W=3\%$  (Свод Правил)

Предельно допустимое приращение влаги  $\Delta W_{cp} = 2\%$  (Свод Правил)

Таким образом:

-на зимне-весеннем интервале  $W_{з}^{(зима)} = W = 3\%$

-на летне-осеннем интервале  $W_{л}^{(л)} = W + 2\% = 5\%$

Полное насыщение (водопоглощение)  $W_H = 10,5\%$  (эксперимент)

Равновесное влагосодержание  $W_p = 1,5\%$  (эксперимент)

По формуле (9) получаем  $\Theta = \frac{310 \cdot (10,5 - 1,5)}{(3 - 1,5) \cdot 32,895 + (5 - 1,5) \cdot 14,925} \approx 31$  год

$$F = 310 \cdot \frac{6}{5} = 372 \text{ цикла, } \Theta_F = 31 \cdot \frac{372}{310} \approx 37 \text{ лет}$$

Получаем, что долговечность в месте крепления навесного фасада при потере прочности на 10% составляет 37 лет. (31 год - гарантированная), что противоречит данным от производителей.

## Глава 4. Сравнительный анализ систем утепления вентилируемым и «мокрым» фасадами

### 4.1. Сравнение технико-экономических показателей при утеплении двумя системами

Сводная таблица оценки систем утепления наружных стен представлена в таблице 6:

Показатель	«Мокрый фасад»	Вентилируемый фасад
Теплопотери, Вт·ч/м <sup>2</sup>	15,22	16,38
Теплопотери, Гкал·год/м <sup>2</sup>	0,130	0,14
Затраты на централизованное отопление в год, руб/м <sup>2</sup>	219,54	236,43
Стоимость отделки фасада с утеплением, руб/м <sup>2</sup>	5515,04	8482,32
Долговечность, год	25 (при своеврем. ремонте)	37 (безремонтной эксплуатации)
Срок окупаемости	25 лет	32 года

Вывод: в результате технико-экономического сравнения можно сделать заключение, что несмотря на дороговизну и увеличенные теплопотери из-за включений, наиболее выгодная система утепления стен при реконструкции – вентилируемый фасад, который обладает большей долговечностью и окупается в период эксплуатации, а так же имеет преимущество в возможности проводить монтаж круглогодично.

## Заключение

1. Износ жилого фонда с каждым годом увеличивается. Решением является проведение реконструкции, что существенно дешевле нового строительства;
2. Большая часть жилого фонда г. Красноярск - 78 % была введена в эксплуатацию до 2000 года, т.е их проектное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций на 46 % меньше значений, которые представлены в действующих нормативных документах;
3. При сравнении систем утепления «мокрым фасадом» и вентилируемым более привлекателен второй вариант: по срокам окупаемости, долговечности и требуемых условий для монтажных работ;
4. Снижение долговечности вызывает многократный циклический переход наружной температуры воздуха, что, безусловно, ведёт к ускоренной деструкции материала и, как следствие, потере несущей способности материала стенового ограждения;
5. Долговечность вентилируемых фасадов от производителей указывается без учета уязвимого места – включения анкера, где происходят максимальные теплотери. Расчетная долговечность вентилируемого фасада составляет 37 лет.

## Список использованной литературы

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации: федер. закон № 190-ФЗ от 29.12.2004 // Рос. газ. – 2004. – 30 дек. (№ 290).
2. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»//Собрание законодательства РФ, 30.11.2009, № 48, ст. 5711.
3. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».
4. Самарин О.Д. и др. Оценка энергоэффективности зданий и сравнительная эффективность энергосберегающих мероприятий. // Сб. докл. 9-й конф. РНТОС 25 мая 2004 г.
5. Табунщиков Ю.А. и др. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий. АВОК № 5.2009.
6. Зильберова И.Ю., Петрова Н.Н. Модернизация зданий с целью повышения энергоэффективности, комфорта и безопасности проживания, а также продления срока эксплуатации жилых зданий //Инженерный вестник Дона, 2012. № 4.
7. Зильберова И.Ю., Петров К.С. Проблемы реконструкции жилых зданий различных периодов постройки. Инженерный вестник Дона, 2012, №4-1, том 22. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-rekonstruktsii-zhilyh-zdaniyrazlichnyh-periodov-postroyki>.
8. Абрамян С.Г. Реконструкция зданий и сооружений: основные проблемы и направления. Часть I. Инженерный вестник Дона, 2015, №4. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_188\\_Abramyan.pdf\\_abbad35813.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_188_Abramyan.pdf_abbad35813.pdf)

9. Ковалев Д.В., Чудинова В.Г. Реконструкция и модернизация жилой среды крупнопанельных домов массовых серий // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2013. №1. С. 4-8.
10. Ларина Н.А. Экономические проблемы реконструкции и восстановления жилищного фонда различных форм собственности на примере исторического центра Санкт-Петербурга // Проблемы современной экономики . 2013. №3 (47). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-problemy-rekonstruktsii-ivosstanovleniya-zhilischnogo-fonda-razlichnyh-form-sobstvennosti-na-primereistoricheskogo>.
11. Малышев И.В. Проблемы экологизации жилищной сферы Санкт-Петербурга // ТДР. 2009. №3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ekologizatsiizhilischnoy-sfery-sankt-peterburga>
12. Потапов А.Д., Абрамян С.Г., Ахмедов А.М. Экореконструкция городского пространства Волгограда на принципах субурбанизации городских территорий // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 105-113.
13. Акопян Т.Д. Пути модернизации крупнопанельных жилых зданий г. Еревана // Вестник МГСУ. 2014. №12. С. 9-19.
14. J. Wang, Z.S. Yang, "The Selection of Commercial Residential Building Energy Saving Reconstruction Object Research", Applied Mechanics and Materials, Vols. 716-717, pp. 533-536, Dec. 2014 URL: <http://www.scientific.net/AMM.716-717.533>.
15. Y.Z. Tian, Y.Yu, "Analysis of Anshan Existing Residential Building Exterior Wall Energy Saving Reconstruction", Advanced Materials Research, Vols. 1004-1005, pp. 1565-1569, Aug. 2014.
16. Milou Beerepoot, Wilhelmina Maria Catharina Beerepoot. Energy Policy Instruments and Technical Change in the Residential Building Sector. IOS Press, 2007 - 240 p.

17. Wang L., Gwilliam J., Jones P. Case study of zero energy house design in UK // Energy and Buildings. November 2009. Vol. 41. No. 11. Pp. 1215-1222. 20.
18. Зильберова И.Ю., Петрова Н.Н. Модернизация зданий с целью повышения энергоэффективности, комфорта и безопасности проживания, а также продления срока эксплуатации жилых зданий // ИВД. 2012. №4-1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-zdaniy-s-tselyu-ovysheniyaenergoeffektivnosti-komforta-i-bezopasnosti-prozhivaniya-a-takzhe-prodleniya-sroka> (дата обращения: 28.12.2015).
19. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».
20. СП 131.13330.2018 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*».
21. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
22. СТО НОП 2.1-2014 «Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания».
23. И.А. Башмаков. Типология и сертификация российских зданий по уровню энергоэффективности. Энергосбережение. 2015. № 8.
24. Ю.А. Матросов. «Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения». Москва, 2008.
25. А.С. Горшков, В.И. Ливчак «История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям». Строительство уникальных зданий и сооружений, № 3, 2015.

26. В.И. Ливчак. «Градусо-сутки отопительного периода как инструмент сравнения энергоэффективности в России и в других странах». Энергосбережение, № 6, 2015.

27. П. Сормунен. «Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии». Инженерно-строительный журнал. № 1. 2010.

28. А.С. Горшков, В.В. Кожин. «Методы расчета и проектирования ограждающих конструкций зданий». Инженерно-строительный журнал, № 1. 2018.

29. А.С. Горшков, С.В. Корниенко. «Анализ действующих требований и методик по тепловой защите зданий». Энергосбережение, №№ 3-4, 2018.

30. Отчет немецкого энергетического агентства (dena) «Энергоэффективное строительство в Германии и России».

31. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Хрестоматия энергосбережения: Справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1/ Под. Ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Теплоэнергетик, 2003. – 688с.

32. Л.Д. Богуславский, В.И. Ливчак, В.П. Титов. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие. Под. Ред. Л.Д. Богуславского, В.И. Ливчака. – М.: Стройиздат, 1990. – 624с.

33. Самарин О.Д., Лушин К.И. Об энергетическом балансе жилых зданий. Журнал «Новости теплоснабжения» №8 (84) 2007 г.

34. В. И. Ливчак, Обоснование расчета удельных показателей расхода тепла на отопление разноэтажных жилых зданий. Журнал АВОК №2/2005.

35. Королев, Д. Ю. Современные методы повышения тепловой защиты зданий / Д. Ю. Королев, В. Н. Семенов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2010. — № 3 (14). — С. 26-29. — URL: <https://moluch.ru/archive/14/1280/> (дата обращения: 15.03.2021).

36. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ. – Москва, Кремль: АО «Кодекс», 2019. – 540 с.

37. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений от 30.12.2009 г. №384-ФЗ. – Москва, Кремль: АО «Кодекс», 2019 – 42 с.

38. Степанов, И. С. Экономика строительства : учебник / И. С. Степанов. – Москва, Юрайт-Издат. – 2007. – 620 с.

39. Стратегия социально-экономического развития Красноярского края на период до 2030 года : офиц. текст. – Красноярск, 2012. – 160 с.

40. Жуков, В. А. Методы управления результативностью рынка строительных материалов на уровне региона [Текст] : автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / В. А. Жуков. – Волгоград, 2005. – 170 с.

41. Косицин, В. А. Типовая застройка: проблемы реконструкции [Электронный ресурс]/ В. А. Косицин //Записки урбаниста –Режим доступа : <http://townplanner.livejournal.com/4042.html>

42. Учинина, Т. В. Обзор методов повышения энергоэффективности жилых зданий / Т. В. Учинина, Н. В. Бабичева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 10 (144). — С. 101-105. — URL: <https://moluch.ru/archive/144/40336/> (дата обращения: 14.02.2020).

43. Потапов, Л. А. Comsol Multiphysics: Моделирование электромеханических устройств [Текст]+[Электронный ресурс]: учебное пособие/ Л.А.Потапов, И.Ю. Бутарев. – Брянск: БГТУ, 2011. – 112 с.

44. Горбунов В.А. Моделирование теплообмена в конечно-элементном пакете FEMLAB: Учеб. пособие / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2008.–216 с.

45. Тарифы [Электронный ресурс]/ – Режим доступа: [https://krskbit.ru/home\\_tatif](https://krskbit.ru/home_tatif).

46. Овчаренко Е.Г., Артемьев В.М., Шойхет Б.М., Жолудов В.С. Тепловая изоляция и энергосбережение // Энергосбережение, 1999. №2. С.37-42.
47. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В. Эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий // Энергосбережение. 2000. № 3. С.39-42.
48. Денисова Ю.В. Выбор эффективного утеплителя в конструкции навесных вентилируемых фасадов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.2013. №4. С. 26-30.
49. Немова Д. В. Системы вентиляции в жилых зданиях как средство повышения энергоэффективности. "Строительство уникальных зданий и сооружений", 2012, №3 С. 83-86.
50. Горшков А.С., Попов, Д.Ю. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности // Инженерно-строительный журнал. 2010. №8. С 5-9.
51. Шилкин Н.В. Возможность естественной вентиляции для высотных зданий // АВОК. 2005. №1.
52. Гагарин А.А., Вентилируемые фасады // XXXII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно- технической конференции. 2004.
53. Горшков А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1. С 9-13.
54. Явтушенко Е.Б. Основы гидравлического расчета навесных вентилируемых фасадов // Строительство уникальных зданий и сооружения. 2013. С 55-61.
55. Панчук Н.Н. Разные фасады в архитектуре (навесные, вентилируемые, светопрозрачные). С. 1-5.

56. Безрук А.И. Навесные вентилируемые фасады со штыревым креплением облицовки. Наука и безопасность.С. 39-43

## **Приложение А**

№ п/п	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы руб.					Общая стоимость, руб				Т/з осн. Раб. на ед./Всего	Т/з мех на ед./Всего	
					Прямые затраты	В том числе				Прямые затраты	В том числе					
						Осн. з/	Эк. Маш.	з/п мех.	Мат.		Осн. з/	Эк. Маш.	з/п мех.			Мат.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>ТИП 1 - Мокрый фасад</b>																
1	ФЕР 15-07-003-02	Нанесение на поверхность водно-дисперсионной грунтовки пористые (камень, кирпич, бетон и т.д.)	100 м2	0,01	57,87		22,14	0,58	1,84	0,58		0,22	0,01	0,02	3,69	0,04
	ФССЦ 14.4.01.02-0012	Грунтовка укрепляющая, глубокого проникновения, быстросохнущая, паропроницаемая	100 м2	0,13					13,08	1,70		0,00	0,00	1,70		0,00
2	ФЕР 15-01-080	Устройство наружной теплоизоляции зданий с тонкой штукатуркой по утеплителю 120 мм	100 м3	0,01	26 962,24		4 147,37	416,28	19 491,40	370,51		41,47		194,91	370,51	3,71
	ФССЦ 12.2.05.10-0011	Плиты минераловатные "Тех Баттс 150" ROCKWOOL	100 м3	0,13					1 219,87	158,58		0,00	0,00	158,58		0,00
3	ФЕР 15-04-019-05	Окраска фасадов акриловыми составами с лесов вручную с подготовкой поверхности	100 м3	0,01	239,33		5,41	0,93	105,72	2,39		0,05	0,01	1,06	13,80	0,14
	ФССЦ 14.3.02.01-0004	Краски водно-дисперсионные акрилатные Краска «Нортовская фасадная ВД»		0,00380					4,09	0,02		0,00	0,00	0,02		0,00
	ФССЦ 14.4.01.02-0012	Грунтовки на акриловой основе Грунтовка укрепляющая, глубокого проникновения, быстросохнущая, паропроницаемая		0,00013					13,08	0,0017		0,00	0,00	0,0017		0,00
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2001 г.										533,78	0,00	41,75	0,02			3,88
Итого прямые затраты по разделу в ценах с учетом "Индексы на 4 квартал 2020г. СМР=8,61										4 595,87	0,00	351,11	0,13			22,30
Накладные расходы (105%)										0,13						
Сметная прибыль(55%)										0,07						
НДС 20%										919,17						
<b>Итого с учетом НДС</b>										<b>5 515,04</b>						

**ТИП 2 - Наверсной фасад с утеплением**

7	ФЕР 15-01-090-03	Устройство вентилируемых фасадов с облицовкой плитами из керамогранита: с устройством теплоизоляционного слоя	100 м <sup>3</sup>	0,01	4638,28	1086,48	427,81	46,38	0,00	10,86	4,28	369,21	3,69		
	ФССЦ 01.7.06.14-0027	Лента двухсторонняя, кг		0,001				30,40				0,03			
	ФССЦ 01.7.15.07-0148	Дюбель-гвозди распорные, с увеличенной прижимной шайбой, для крепления теплоизоляционных материалов к бетону, полнотелому и пустотелому кирпичу, камню, пенобетону, размер 10x200 мм	100 шт	0,08				83,68	6,69			6,69			
	ФССЦ 12.1.01.03-0031	Пленка ветроизоляционная, марка "Ондулис А100"	10 м <sup>2</sup>	0,10				49,6	4,96			4,96			
	ФССЦ 12.2.05.10-1004	Плиты минераловатные, толщина 120 мм	м <sup>2</sup>	1,00				34,33	34,33			34,33			
	ФССЦ 07.2.06.06	Конструкции металлические и элементы крепежные вентилируемых фасадов, компл	м <sup>2</sup>	0,40				510,77	204,31			204,31			
8	ФССЦ 06.2.05.03-0007	Гранит керамический многоцветный полированный, размер 1200x600 мм	м <sup>2</sup>	1,00				524,30	524,30	0,00	0,00	0,00	524,30	21,20	21,20
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2001 г.									820,98						
Итого прямые затраты по разделу в ценах с учетом "Индексы на 4 квартал 2020г. СМР=8,61									7068,60						
Накладные расходы 105%									37,78						
Сметная прибыль 55%									19,79						
НДС 20%									1 413,72						
Итого с учетом НДС									<b>8 482,32</b>						

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
институт  
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Назиров Р.А.  
подпись Ф.И.О.  
«15» июня 2021 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Проблемы реконструкции жилых зданий

тема

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель



доцент, к. т. н.

Е.М. Сергуничева

инициалы, фамилия

Выпускник

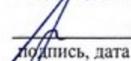
  
подпись, дата

должность, ученая степень

Я.В. Пирогова

инициалы, фамилия

Рецензент

  
подпись, дата

доцент, к.т.н.

Е.Г. Плясунов

инициалы, фамилия

Красноярск 2021