

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

кафедра «Строительство и экономика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г.Н. Шибаева

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 202_ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Сравнительный анализ самых популярных утеплителей в строительстве

тема

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.16 «Промышленное и гражданское строительство: проектирование»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель

подпись, дата

должность, ученая степень

Шибаева Г.Н.

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Нестеров З.В.

инициалы, фамилия

Рецензент

подпись, дата

Южно Ю.С.

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Шибаева Г.Н.

инициалы, фамилия

Абакан 2024

АННОТАЦИЯ

на магистерскую диссертацию Нестерова Захара Вячеславовича
(фамилия, имя, отчество)

на тему: «Сравнительный анализ самых популярных утеплителей в строительстве»

Актуальность тематики и ее значимость:

В настоящее время существует тенденция увеличения потребности в эффективных утеплителях, которые обладают высокими эксплуатационными характеристиками. Утеплитель является эффективным инструментом снижения тепловых потерь в многослойных ограждающих конструкциях а также сокращения финансовых расходов на отопление здания. Большая часть тепловых потерь приходится на ограждающие конструкции стен, поэтому сравнительный анализ популярных утеплителей в строительстве является актуальной темой.

Качество оформления:

Оформление текста диссертации соответствует стандарту университета СТО 4.2–07–2014. Текстовая часть и чертежи изготовлены в программных комплексах на ЭВМ. Распечатка выполнена на лазерном принтере с использованием цветной печати для большей наглядности.

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

Степень авторства:

Магистерская диссертация выполнена автором самостоятельно. Все использованные в работе материалы и заимствованные фрагменты текста имеют ссылки на первоисточники.

Автор магистерской диссертации

подпись

Нестеров З.В.

(фамилия, имя, отчество)

Научный руководитель работы

подпись

Шибеева Г.Н.

(фамилия, имя, отчество)

РЕФЕРАТ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
в форме магистерской диссертации

Тема выпускной квалификационной работы «Сравнительный анализ самых популярных утеплителей в строительстве»

ВКР выполнена на 113 страницах, с использованием 15 иллюстраций, 19 таблиц, 9 формул, 4 приложений, 164 использованных источников, 9 количество листов графического или иллюстративного материала.

Ключевые слова: Энергоэффективные утеплители, Минеральная вата, Пенополистирол, Экструдированный пенополистирол, Теплотехнические характеристики, Энергоэффективность многослойных ограждающих конструкций, Оценка экономической целесообразности утеплителей.

Автор работы, гр. № 32-3

_____ Нестеров З.В.
подпись инициалы, фамилия

Руководитель работы

_____ Шибаета Г.Н.
подпись инициалы, фамилия

Год защиты квалификационной работы - 2024

Цель работы: На основании сравнительного анализа выбрать наиболее эффективные утеплители для многослойных ограждающих конструкций в климатических условиях Республики Хакасия.

Задачи исследования:

- Классификация утеплителей для многослойных ограждающих конструкций, используемых на территории региона Республики Хакасия, по основным признакам
- Выявление преимуществ и недостатков теплоизоляционных материалов
- Сравнение технических характеристик утеплителей.
- Определение наиболее эффективного утеплителя для ограждающих конструкций.

Актуальность работы:

В настоящее время существует тенденция увеличения потребности в эффективных утеплителях, которые обладают высокими эксплуатационными характеристиками. Утеплитель является эффективным инструментом снижения тепловых потерь в многослойных ограждающих конструкциях а также сокращения финансовых расходов на отопление здания. Большая часть

тепловых потерь приходится на ограждающие конструкции стен, поэтому сравнительный анализ популярных утеплителей в строительстве является актуальной темой.

Научная новизна:

- Установлено расчётным путём теплотехническая и экономическая эффективность применения пенополистирола и минеральной ваты для повышения энергоэффективности многослойных ограждающих конструкций для климатических условий Республики Хакасия.

- Выявлена динамика изменения теплозащитных свойств наружных стен с эффективным утеплителем на основе проведённых теплофизических исследований

Выводы, рекомендации:

В результате выполненной диссертации посредством расчётов был доказан факт экономической и теплотехнической целесообразности использования популярных утеплителей для многослойных ограждающих конструкций в климатических условиях Республики Хакасия .

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

кафедра «Строительство и экономика»

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой
_____ Г. Н. Шibaева
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 202_ г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации**

Студенту Нестерову Захару Вячеславовичу

фамилия, имя, отчество

Группа 32-3 Направление 08.04.01 Строительство, магистерская программа
08.04.01.16 «Промышленное и гражданское строительство: проектирование»

Тема выпускной квалификационной работы «Сравнительный анализ самых
популярных утеплителей в строительстве»

Утверждена приказом по институту № _____ от _____

Руководитель ВКР кандидат технических наук; доцент; зав. кафедры СиЭ
Шibaева Г.Н.

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР: _____

Перечень разделов ВКР: _____

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием
основных чертежей, плакатов, слайдов: _____

Руководитель ВКР

подпись, инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись, инициалы и фамилия студента
« ____ » _____ 202_ г.

Содержание

| | |
|---|-----------------|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| ГЛАВА 1 . Современное состояние вопроса. Анализ литературы | 9 |
| 1.1 Климатические и эксплуатационные воздействия на конструкции стен..... | 13 |
| 1.2 Особенности современных нормативных требований к теплозащите зданий | 15 |
| Глава 2. Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов. | 21 |
| 2.1 Сравнительный анализ основных характеристик современных утеплителей в многослойных ограждающих конструкциях | 21 |
| 2.2 Выявление преимуществ и недостатков теплоизоляционных материалов... | 31 |
| Глава 3 Прогнозирование теплотерь с помощью расчёта в системе ELCUT с разработкой рекомендаций по минимизации данных теплотерь..... | 43 |
| 3.1 Теплотехнический расчёт многослойных стен | 43 |
| 3.3 Расчёт теплотерь в системе ELCUT. | 55 |
| Глава 4 Экономическая оценка эффективности вариантов утеплителей в многослойных ограждающих конструкциях стен. | 58 |
| 4.1 Проведение расчётов экономической эффективности популярных утеплителей..... | 60_Тос170769901 |
| Список использованных источников | 68 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 80 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 90 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В..... | 95 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г | 100 |

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности использования топливных энергоресурсов и вывод страны на энергосберегающий путь развития является приоритетной задачей энергетической стратегии нашей страны. В капитальном строительстве наиболее эффективным путём экономии теплового энергоресурса является снижение теплопотерь через ограждающие конструкции зданий посредством повышения их уровня тепловой защиты. В последние годы, в связи с повышением нормативных требований, гражданское строительство ориентируется на возведение зданий с многослойными ограждающими конструкциями с использованием эффективного теплоизоляционного материала с коэффициентом теплопроводности до $0,06 \text{ Вт}/(\text{м} \times ^\circ\text{C})$. Обусловлено это тем, что проектировщики стремятся получить необходимое нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_{\text{норм}}$. Относительное большинство теплоизоляционных материалов, применяемых в настоящее время, могут обеспечить $R_{\text{норм}}$ и в однослойных конструкциях, но тогда толщина стен выходит за разумные пределы. В климатических условиях Республики Хакасия, в частности в г. Абакан, величина $R_{\text{норм}} = 3,58 \text{ Вт}/(\text{м} \times ^\circ\text{C})$ и чтобы обеспечить данный показатель, толщина стены из пустотелого кирпича, коэффициент теплопроводности λ которого равен $0,56$ должна быть 2 метра. Поэтому на строительном рынке меняется ассортимент теплоизоляционных материалов. Модернизируются существующие и добавляются новые, физико – технические характеристики которых либо малоизучены либо отсутствуют. Наличие комбинированных утеплителей в ограждающих конструкциях, отличающихся между собой физико-техническими показателями, по разному реагируют на климатические колебания, что существенно затрудняют прогнозирование теплозащитных свойств утеплителя на этапе эксплуатации зданий. что нельзя сказать про новые и ещё не изученные утеплители. В связи с тем, что характеристики данных утеплителей малоизвестны или неизвестны вовсе, использование таких

теплоизоляционных материалов ведёт к непредсказуемым последствиям.

Зачастую между нормируемыми и расчётными значениями теплотехнических характеристик существует несоответствие и комплексное обследование тепловой защиты наружных ограждающих конструкций помогает увидеть это. Факторы, посредством которых вызвано данное несоответствие, это изменение теплотехнических характеристик материалов во время эксплуатации зданий под воздействием изменяющихся климатических условий. Следует отметить, что в действующих нормах и правилах тепловой защиты зданий, которые основаны на стационарных расчётах, не учитываются климатические условия отдельных регионов строительства. Как следствие, проектирование тепловой защиты зданий лишь по действующим нормам не может гарантировать надёжности тепловой защиты во время эксплуатации зданий.

Исходя из вышенаписанного, можно сделать вывод о том, что требуется разработка нового метода проектирования и оценки эффективности тепловой защиты зданий в нестационарных условиях. Данному методу способствует методика компьютерного расчёта в программе ELCUT, с помощью которой можно смоделировать тепловые процессы, протекающие в конструкциях зданий, при этом учитывая индивидуальные климатические особенности района строительства.

Актуальность работы

В настоящее время существует тенденция увеличения потребности в эффективных утеплителях, которые обладают высокими эксплуатационными характеристиками. Утеплитель является эффективным инструментом снижения тепловых потерь в многослойных ограждающих конструкциях а также сокращения финансовых расходов на отопление здания. Большая часть тепловых потерь приходится на ограждающие конструкции стен, поэтому сравнительный анализ популярных утеплителей в строительстве является актуальной темой.

Понимание проблемы низкой энергетической эффективности ограждающих конструкций стен стало шагом для внедрения в практику

строительства систем утепления конструкций. В настоящее время на строительном рынке существует огромный выбор утеплителей. Поэтому проблема выбора эффективного утеплителя встаёт как у строителей, так и у проектировщиков. Часто выбор утеплителя происходит по принципу применения наиболее дешёвых материалов, что, бывает, приводит к негативным последствиям. Эффективный утеплитель выполняет массу функций, и его функционал не ограничивается только защитой от холода. Также эффективный утеплитель защищает здание от перегрева и выполняют функцию звукоизоляции.

Согласно [1], утепление ограждающих конструкций стен принято производить снаружи здания. Внутреннее утепление возможно только в многоэтажных домах в отдельных квартирах. Следует учитывать также разработку конструктивных мероприятий, обеспечивающих образование конденсата на стыках утеплителей в том месте, где утеплитель пересекается с элементами перекрытий.

Цель работы: на основании сравнительного анализа выбрать наиболее эффективные утеплители для многослойных ограждающих конструкций в климатических условиях Республики Хакасия.

Задачи исследования:

- Классификация утеплителей для многослойных ограждающих конструкций, используемых на территории региона Республики Хакасия, по основным признакам
- Выявление преимуществ и недостатков теплоизоляционных материалов
- Сравнение технических характеристик утеплителей.
- Определение наиболее эффективных утеплителей для ограждающих конструкций.

Методы исследования: В работе применялись методы компьютерного моделирования в программе ELCUT, тепловизионные исследования и методы статистики.

Научная новизна работы:

- Установлено расчётным путём теплотехническая и экономическая эффективность применения пенополистирола и минеральной ваты для повышения энергоэффективности многослойных ограждающих конструкций для климатических условий Республики Хакасия.
- Выявлена динамика изменения теплозащитных свойств наружных стен с эффективным утеплителем на основе проведённых теплофизических исследований

Практическая значимость: Результаты исследования данной работы могут быть полезны при оценке фактического состояния тепловой защиты многослойных ограждающих конструкций на этапе эксплуатации зданий а при их реконструкции для принятия более эффективного решения по теплозащите. Также результаты исследования могут использоваться при проведении расчётов перед проектом с целью выбора эффективного теплоизоляционного материала для многослойных ограждающих конструкций.

Апробация работы:

Результаты исследования, которые описывались в диссертации были обсуждены и представлены на научно-практических конференциях, организованных для студентов, молодых учёных и аспирантов. Результаты исследования по теме магистерской диссертации были представлены на следующих конференциях:

1) В XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективны – 2023» с темой доклада «Влияние современных утеплителей на энергоэффективность зданий и сооружений в зоне Восточной Сибири и крайнего Севера» - очное участие

2) В XX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективны – 2024» с темой доклада «Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов в многослойных ограждающих конструкциях зданий» - очное **участие

Публикации работы: Подготовлена и отправлена статья в журнал из перечня ВАК «Вестник евразийской науки», том 2024., тема статьи «Сравнительный анализ самых популярных утеплителей в строительстве».

ГЛАВА 1 . Современное состояние вопроса. Анализ литературы

Рациональная тепловая защита зданий является мощным социальным и экономическим фактором. Проблема стала весьма актуальной в современных экономических условиях, когда стоимость теплоносителей резко возросла (и продолжает расти) по сравнению с советскими временами. Строительная наука и практика отреагировали на изменившиеся обстоятельства путем переиздания нормативных документов, по которым сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций возрастает в несколько раз. Существенный вклад в развитие строительной теплофизики и теории теплотехнического расчёта наружных ограждающих конструкций внесли отечественные учёные А.М. Шкловер, Б.Ф. Васильев, Ф.В. Ушков, К.Ф. Фокин, В.Н. Богословский, Ю.А. Табунщиков, Л.Д. Богуславский, Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский, М.М. Бродач и другие [61 - 83].

На протяжении многих лет в нашей стране в качестве ограждающих конструкций широко применялись зарекомендовавшие себя за долгое время эксплуатации каменные конструкции. Здания, сохранявшиеся на протяжении более 100 лет, подтверждали высокую долговечность этих материалов. Внесение изменений в СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», переход на повышенный уровень теплозащиты зданий не позволяли и в дальнейшем применять эти конструкции в массовом строительстве. Выполнять повышенные требования к теплозащите (с увеличением приведенного сопротивления теплопередаче в 2,5-3 раза) стало возможным лишь с применением многослойных конструкций с эффективными теплоизоляционными материалами.

Причем применение многослойных конструкций стало настолько стремительным, а разнообразие материалов столь обширным, что научное сопровождение не успевало за этими объемами, и стали выявляться определенные недостатки данного вида ограждений. А именно, при высокой степени теплоизоляции, срок службы некоторых материалов и, особенно,

конструктивных решений на их основе не достигал и 15-20 лет. Об этом свидетельствуют как лабораторные испытания ряда конструкций, например, фасадных систем наружного утепления с тонким штукатурным слоем [61, 95], так и натурные исследования ограждений зданий. Многими учеными [87, 89, 111, 118, 129, 138, 150, 149, 151-157], исследовавшими состояние ограждающих конструкций в реальных условиях эксплуатации показано, что сокращение сроков службы ограждения происходит вследствие допущения ошибок и недостатков в проектировании конструктивного решения и при монтаже фасадной системы.

В работах [2-7; 9-19; 21; 23; 24; 26-28; 29; 31-33; 41-42] авторы отмечают виды популярных утеплителей применяемых в ограждающих конструкциях.



Рис 1.1.2 – Классификация утеплителей.

Учитывая большое разнообразие утеплителей уместен вопрос по поводу их классификации. Посредством изучения научной литературы составлена графическая схема, отражающая классификацию утеплителей. Все виды современных утеплители классифицируются по виду основного исходного сырья, возгораемости, форме, структуре. По структуре утеплители бывают волокнистые, ячеистые и зернистые. По форме различают рыхлые, плоские, фасонные и шнуровые. По возгораемости – несгораемые, трудносгораемые, сгораемые. По виду основного исходного сырья различают органические и неорганические виды утеплителей, что можно увидеть на рисунке 1.1.2.

В работе [17] отмечается, что при выборе утеплителя необходимо принимать в расчет целый ряд его свойств. Во-первых, это теплопроводность, чем она ниже, тем лучше теплозащитные свойства утеплителя. Гидрофобность – это следующее по важности свойство утеплителя. Утеплители, обладающие высокой гидрофобностью, плохо впитывают или же совсем не впитывают влагу. От влажности в утеплителе избавиться нереально. Это обуславливается выпадением конденсата в толще многослойных ограждающих конструкций, а конкретно в слое утеплителя. При повышении влажности утеплителя пропорционально возрастает его теплопроводность и сокращается срок эксплуатации. Утеплитель так же должен быть долговечным, огнестойким и, желательно, легким. Удельный вес утеплителя напрямую зависит от его плотности. Чем ниже плотность материала, тем ниже его теплопроводность и меньшие нагрузки он оказывает на несущие элементы конструкции здания. К тому же желательно, чтобы утеплитель был безопасен в эксплуатации и удобен в работе [17].

Однако, значение коэффициента теплопроводности может изменяться в зависимости от температуры внутри многослойной ограждающей конструкции стены. В статье авторов Н.М. Моховой, Ю.О. Мокиной и О.Л. Симченко [57] приведён интегральный график зависимости коэффициента теплопроводности от температуры.

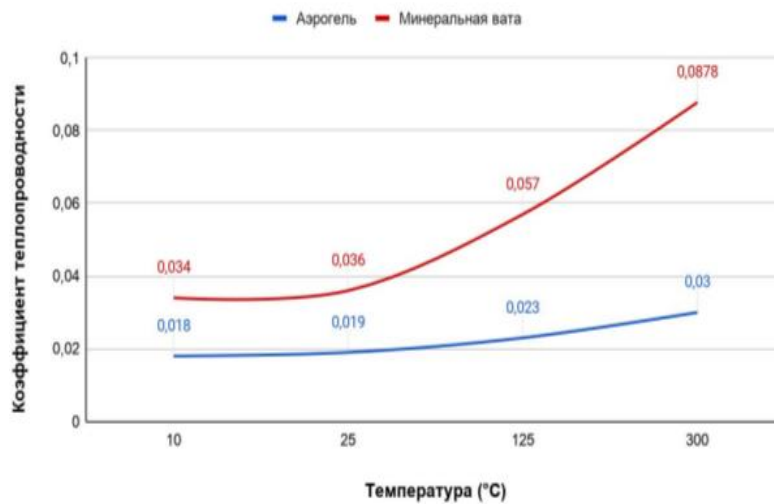


Рис.1.2.1 – Интегральный график зависимости коэффициента теплопроводности от температуры

На графике заметно, что с возрастанием температуры в конструкционном слое утеплителя, возрастает и коэффициент теплопроводности утеплителя, а следовательно, ухудшаются его теплозащитные свойства.

Очень важную роль играет нормативный срок эксплуатации утеплителя. Существуют технические свойства, от которых зависит эксплуатационный срок утеплителя, а именно водопоглощение и огнестойкость. Характеристика водопоглощения указывает на способность утеплителя впитывать влагу и выражается в процентах. Попадание влаги внутрь утеплителя снижает его способность удерживать тепло за счёт разницы между коэффициентами теплопроводности утеплителя и воды. В статье [24] учёными составлена таблица с указанием технических характеристик и предпринята попытка указать сроки эксплуатации современных утеплителей. Выборка данных из таблицы, содержащейся в статье, отражена в табл. 1.2.2

Таблица 1.2.2 – Основные характеристики теплоизоляционных материалов.

| Название материала | Срок эксплуатации | Коэффициент теплопроводности | Водопоглощение | Огнестойкость |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------|------------------|
| Пенопол иуретановый утеплитель | 50 лет | 0.019 - 0.028 | 1-3% | Самогасящиеся |
| Пенопол истирол | 8-10 лет | 0.037 - 0.042 | 0.4% | Самогасящиеся |
| Эковата | 10-15 лет | 0.032 - 0.041 | 9-15% | Невоспламеняемая |
| Минерал ьная вата | 50 лет | 0.036 | До 40% | Не горит |
| Стекловата | 10-15 лет | 0.03 - 0.052 | До 15% | Не горит |
| Базальтовая вата | 50 лет | 0.02 - 0.04 | 1-5% | Не горит |

1.1 Климатические и эксплуатационные воздействия на конструкции стен

На этапе эксплуатации наружные ограждающие конструкции зданий и сооружений подвергаются воздействию различных климатических и эксплуатационных факторов, которые могут оказывать существенное влияние на их теплотехнические характеристики и долговечность. Одним из ключевых факторов является температурный режим окружающей среды. Резкие перепады температур, экстремально высокие или низкие значения способны вызывать термические деформации материалов, приводящие к образованию трещин и нарушению целостности теплоизоляционного слоя. Кроме того, низкие температуры зимнего периода являются основной причиной интенсивных теплопотерь через наружные стены.

Немаловажную роль играют атмосферные осадки в виде дождя, снега и града. Длительное воздействие влаги может привести к увлажнению

строительных материалов, что значительно снижает их теплоизоляционные свойства ввиду высокой теплопроводности воды. Также существует риск образования конденсата внутри ограждающих конструкций, способствующего развитию грибковых поражений и коррозионных процессов. Следует учитывать воздействие ветровых нагрузок, которые могут вызывать инфильтрацию наружного воздуха через неплотные участки в стенах, что приводит к дополнительным тепловым потерям. Кроме того, сильные ветры способствуют более интенсивному выдуванию теплого воздуха из помещений. Необходимо принимать во внимание солнечную радиацию, которая может оказывать как положительное, так и негативное влияние на тепловой режим наружных стен. С одной стороны, солнечное излучение способствует нагреву поверхности, снижая тепловые потери, с другой – может вызывать перегрев отдельных участков конструкции, приводя к термическим напряжениям и деформациям.

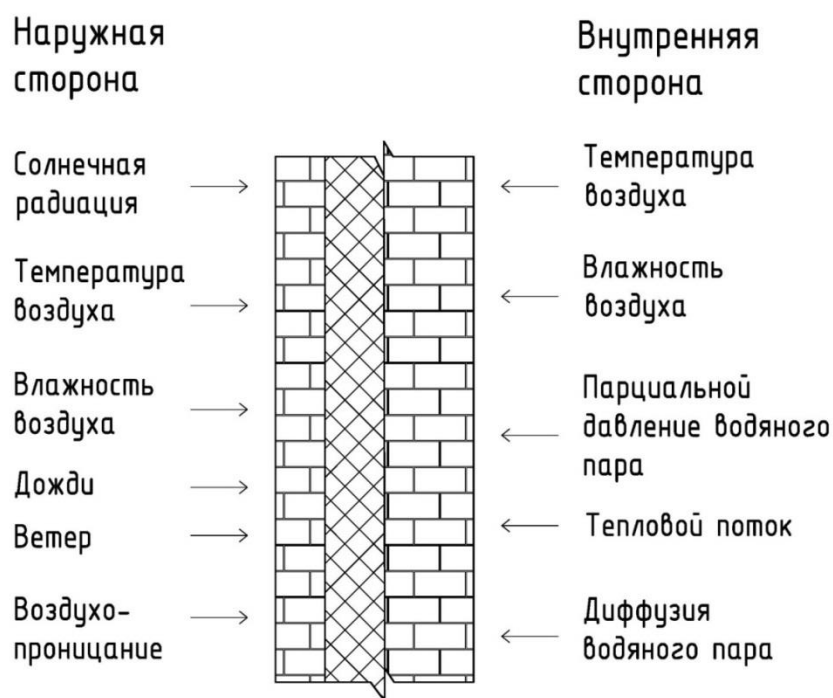


Рисунок 1.1.1 - Схема физико-климатических воздействий на многослойные ограждающие конструкции стен зданий

Помимо климатических факторов, на теплотехнические характеристики наружных стен оказывают влияние эксплуатационные воздействия. К ним относятся динамические нагрузки от транспортных средств, вибрации от

работы оборудования, а также антропогенные факторы, связанные с деятельностью человека.

1.2 Особенности современных нормативных требований к теплозащите зданий

Развитие рыночных отношений в экономике страны вызвало резкий рост цен на энергоносители, в связи с чем, возникла задача экономии энергоресурсов и, в том числе, снижения энергопотребления эксплуатируемых зданий. С этой целью, Постановлением Министерства строительства Российской Федерации от 11 августа 1995 г. № 18-81 приняты и введены в действия Изменения № 3 к СНиП Н-3-79* «Строительная теплотехника», согласно которым нормативные значения приведённого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий к 2000 г. были повышены в 2,5...3,5 раза.

В основу новых нормативных требований к теплозащите зданий был положен принцип поэтапного снижения расхода тепловой энергии на отопление зданий, с тем, чтобы к началу 2000 г. снизить уровень энергопотребления строящихся и капитально ремонтируемых зданий не менее чем на 40 %. Обеспечить такой уровень теплоизоляции наружных стен зданий, строящихся в суровых природно-климатических условиях, оказалось возможным обязательным применением эффективных утеплителей, долговечность которых неизвестна, но явно ниже долговечности материалов на основе керамики, бетона. При этом если при проектировании чердачных и цокольных перекрытий трудностей в реализации новых нормативных требований не возникает (в данном случае задача решается путём увеличения толщины теплоизоляционного слоя), то улучшение теплозащитных свойств стеновых конструкций достигается за счёт разработки качественно новых технических решений. Отсутствие в отечественных нормативных документах сведений о долговечности наружных стен, создали для проектных организаций

18 благоприятные условия для применения таких недолговечных решений, удовлетворяющих требованиям СНиП П-3-79* «Строительная теплотехника». Огромное противоречие возникает при сравнении теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов в российских и зарубежных нормативных требованиях к теплозащите зданий. Значения коэффициентов теплопроводности, приведённые в российских нормативных документах, определены на основе исследований теплозащитных качеств наружных стен и реальных условий эксплуатации в самый холодный период зимы при максимальном влагонакоплении. В зарубежные нормативные документы заложены значения расчётных коэффициентов теплопроводности, полученные при лабораторных испытаниях на небольших образцах материалов. Такой подход полностью исключает влияние на теплофизические свойства материалов строительных и эксплуатационных факторов.

Другой характерной проблемой, возникшей после введения новых нормативных требований, стало превышение фактической относительной влажности воздуха в помещениях зданий, по сравнению с нормативной величиной. Данный факт связан с необходимостью создания в конструкциях наружных стен, с применением мягких утеплителей, воздухонепроницаемых слоёв из полиэтиленовой плёнки, алюминиевой фольги и других подобных плотных материалов, которые затрудняют, а в некоторых случаях полностью исключают выход бытового пара из помещений. Делать это необходимо, т.к. все конструкции стен с применением мягких утеплителей не удовлетворяют нормативным требованиям по воздухопроницаемости. Невыполнимость новых нормативных требований СНиП [44], в части повышения уровня теплозащитных качеств наружных стен, особенно местными материалами, для многих регионов страны была очевидна. Однако вместо того, чтобы признать неприемлемость необоснованного повышения теплозащитных качеств наружных ограждений зданий, Госстрой РФ счёл возможным разработку и введение территориальных строительных норм (ТСН). ТСН регламентируют наряду с предписывающим подходом (поэлементное нормирование различных

видов ограждающих конструкций), применять потребительский подход к теплозащите здания (нормирование здания в целом, как единой энергетической системы с учётом эффективности работы системы отопления). Таким образом, в ТСН разрешается снижение теплозащитных качеств наружных стен компенсировать рациональным объёмно-планировочным решением здания (например, за счёт уменьшения площади наружных стен по отношению к объёму здания и снижения площади световых проёмов), установкой контрольного и регулировочного оборудования отопительных систем, учёта внутренних тепловыделений и влияния солнечной радиации, а также другими мероприятиями. Для потребительского подхода, к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций, установлен новый нормируемый показатель - требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий. Причём 19 установленные значения расхода тепловой энергии на отопление зданий значительно ниже расчётных и, тем более, фактических. Например, фактические значения удельного расхода тепла в жилых и общественных зданиях, установленные при натурных исследованиях, выполненных институтом физико-технических проблем Севера, в январе - феврале 2000 г. и январе 2002 г., показали их превышение по сравнению с нормативами, действующими в СССР с 1987 г., в 1,6...2,6 раза [164]. Территориальными строительными нормами установлен порядок контроля теплотехнических и энергетических показателей зданий при их проектировании для оценки соответствия нормативам, указанным в ТСН. Контроль осуществляется с помощью энергетического паспорта на основании сопоставления теплотехнических и энергетических показателей объекта с нормативными показателями. По мнению разработчиков ТСН, внедрение энергетического паспорта здания в практику проектирования и строительства будет обеспечивать действие экономического стимулирования энергосберегающих мероприятий (например, льготное налогообложение, кредитование, дотации), что станет ускоряющим фактором повсеместного внедрения энергосберегающих технологий в строительстве. До введения новых

требований к теплозащите в СНиП [44], при строительстве индивидуальных зданий с принудительной вентиляцией и кондиционированием, также применялось многовариантное проектирование. В этом случае, аналогично потребителюскому подходу в ТСН, величину удельного расхода тепловой энергии снижали комбинированием рационального объёмно-планировочного решения и авторегулированием систем отопления и вентиляции, в результате чего создавались достаточные условия для избежания повышения теплозащитных качеств наружных стен. Вместе с тем, для жилых зданий с естественной вентиляцией не исключалась возможность, на базе технико-экономического обоснования, повышения уровня теплозащиты наружных стен, проектируемых из условий обеспечения санитарно-гигиенических и комфортных условий. При составлении территориальных строительных норм, всё делается наоборот, с целью отступления, а точнее отказа от необоснованно высокого установленного уровня теплозащиты наружных стен в СНиП [44]. Таким образом, в ТСН осуществляется неравнозначная подмена одного малозначимого понятия - незначительной экономии тепловой энергии за счёт повышения приведённого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, другим несравнимо более важным и дорогостоящим, а именно, насыщением здания инженерным и контролирующим оборудованием. На основе проведённого анализа современных нормативных требований к теплозащите зданий, можно сделать следующие выводы: Большинство эксплуатируемых на территории Российской Федерации жилых объектов не соответствуют современным нормативным требованиям к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций. С 2000 года с 20 введением изменений № 3 к СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» и последующим утверждением на основании этих изменений СНиП 23-02 -2003 «Тепловая защита зданий» требования к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций зданий значительно изменились . Сравнительные данные по Республике Хакасия представлены в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1 – Сравнительные данные по нормам тепловой защиты
 СНиП 23-02-2003 и СНиП 23-01-99* СП 50.13330.2012 и СП 131.13330.2012
 (действует с 1 января 2012г.)

| СНиП 23-02-2003 и СНиП 23-01-99* | СП 50.13330.2012 и СП 131.13330.2012 |
|---|---|
| Влажностный режим помещения нормальный | Влажностный режим помещения нормальный |
| Расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -40$ °С | Расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -37$ °С |
| Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 225$ сут. | 22Продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 223$ сут. |
| Средняя температура наружного воздуха $t_{ht} = -8,4$ °С | Средняя температура наружного воздуха $t_{ht} = -7,9$ °С |
| ГСОП $Db = 5940$ °С·сут | ГСОП $Db = 6222$ °С·сут |
| $a = 0.00035$ | $a = 0.00035$ |
| $b = 1,4$ | $b = 1,4$ |
| $a_{ext} 23$ | $a_{ext} 23$ |
| $a_{int} 8,7$ | $a_{int} 8,7$ |
| Зона влажности Сухая | Зона влажности Сухая |

Это означает, что все здания постройки до 2012-го года не удовлетворяют современным требованиям к уровню тепловой защиты, т.е. они морально устарели и требуют реконструкции (утепления фасадов и кровли, замены наружных входных дверей и светопрозрачных ограждающих конструкций на более эффективные по тепловой защите) [94-95]. Нормирование расчётных коэффициентов теплопроводности теплоизоляционных материалов по данным, полученным в результате лабораторных испытаний на небольших образцах, неправомерно применять для суровых природно-климатических условий так как отсутствует нормативное значение о долговечности утеплителей для

конкретных климатических условий.

Выводы по первой главе:

1) Важнейшим показателем эффективности утеплителя является коэффициент теплопроводности материала. Чем ниже значение коэффициента теплопроводности утеплителя, тем лучше утеплитель сможет обеспечить тепловую защиту многослойных ограждающих конструкций стен.

2) Значение коэффициента теплопроводности утеплителя и его теплозащитные свойства напрямую зависят от температуры в многослойной ограждающей конструкции, в частности в слое, где находится утеплитель. С повышением температуры в конструкционном теплоизоляционном слое повышается и теплопроводность утеплителя, а следовательно, ухудшаются его теплозащитные свойства.

3) Здания постройки до 2012-го года не удовлетворяют современным требованиям к уровню тепловой защиты, т.е. они морально устарели и требуют реконструкции.

ГЛАВА 2. Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов

2.1 Сравнительный анализ основных характеристик современных утеплителей в многослойных ограждающих конструкциях

Известно, что основными характеристиками эффективного утеплителя являются низкая теплопроводность, морозостойкость, паропроницаемость, долговечность, пожарная безопасность, экологичность, удобство монтажа. Причём технические характеристики могут находиться в зависимости друг от друга и от меняющихся климатических условий региона. Наглядным примером зависимости характеристик утеплителя от климатических факторов является зависимость коэффициента теплопроводности от влажности утеплителя. Чем выше влажность утеплителя, тем выше коэффициент теплопроводности.

Представим сравнительный анализ основных характеристик современных утеплителей, применяемых в многослойных ограждающих конструкциях зданий в Республике Хакасия:

1) *Теплопроводность* – способность утеплителя проводить тепловую энергию. Низкая теплопроводность является важным свойством утеплителей, позволяющее им эффективно сдерживать передачу тепла через ограждающие конструкции зданий. Теплопроводность материалов зависит от их плотности, пористости, влажности и других физических характеристик. Более плотные, влажные и менее пористые материалы, как правило, имеют большую теплопроводность. Значение коэффициента теплопроводности материалов используется при расчетах теплопередачи через ограждающие конструкции зданий и определении их термического сопротивления. По данным таблицы 2.1.1 можно заметить, что наименьшей теплопроводностью обладают утеплители: LOGICPIR Ф/Ф, пенополиуретан, пенопласт, XPS CARBON ECO (экструдированный пенополистирол).

Таблица 2.1.1 – Значение коэффициентов теплопроводности утеплителей.

| Наименование утеплителя | Коэффициент теплопроводности λ Вт/(м×К) |
|---|--|
| Каменная вата | 0,077 - 0,12 |
| Стекловата | 0.03 - 0,052 |
| Прошивные маты | 0,038–0,042 |
| Шлаковата | 0,460 - 0,480 |
| Мат минераловатный ТеплоKNAUF Для Перекрытий | 0.04 |
| ISOVER (Исовер) - минеральная вата. | 0,034 |
| Эковата | 0,037 - 0,042 |
| Пенофол | 0,03 - 0,04 |
| Мипора | 0,033 - 0,035 |
| БАЗАЛИТ ПТ 200 | 0,038 - 0,045 |
| БАЗАЛИТ ПТ 175 | 0,037 - 0,044 |
| БАЗАЛИТ ПТ 150 | 0,037 - 0,043 |
| Пенополиуретан | 0,023 - 0,032 |
| Пенопласт | 0,028 - 0,040 |
| XPS CARBON ECO | 0,030 - 0,034 |
| Утеплитель URSA Универсальная GEO | 0.037 |
| LOGICPIR Ф/Ф | 0.021 - 0.025 |
| Керамзитобетон | 0,12 - 0,20 |
| Газобетон | 0,09 - 0,12 |
| Пенобетон | 0,03 - 0,06 |
| Газосиликатный блок | 0,09 - 0,16 |
| Ячеистый бетон | 0,07 - 0,25 |
| Блоки стеновые "Сибит" | 0,09 - 0,16 |

2) *Паропроницаемость* – способность утеплителя под воздействием разности парциальных давлений пропускать через свою толщу водяной пар. Паропроницаемость характеризуется коэффициентом паропроницаемости (обозначается μ), который показывает количество водяного пара, проходящего через утеплитель площадью 1 м² при разности парциальных давлений пара 1 Па. Чем ниже коэффициент паропроницаемости утеплителя, тем ниже его паропроницаемость. Высокая паропроницаемость важна для исключения влаги

в толще многослойных ограждающих конструкций, слоем которых является утеплитель. Также высокая паропроницаемость исключает риски появления плесени на утеплителе. Наименьшим коэффициентом паропроницаемости обладают такие утеплители как пенофол, мипора, LOGICPIR Ф/Ф, XPS CARBON ECO, пенопласт и пенополиуретан, что можно видеть в таблице 2.1.2.

Низкая паропроницаемость пенофола обусловлена тем, что он является пароизоляционным материалом на основе полимерной плёнки с фольгированным покрытием. Это означает, что пенофол выступает в качестве надёжного барьера против проникновения водяных паров, предотвращая образование конденсата в ограждающих конструкциях.

Мипора представляет собой полимерный теплоизоляционный материал на основе вспененного полиэтилена. Структура мипоры формирует эффективный барьер против проникновения водяных паров, что позволяет использовать мипору в качестве утеплителя в многослойных ограждающих конструкциях.

Отсутствие открытых пор и жёсткая замкнутая ячеистая структура пенополиизоцианурата LOGICPIR Ф/Ф обуславливает низкую паропроницаемость утеплителя. Также о гидрофобных свойствах LOGICPIR Ф/Ф пенополиизоцианурата говорит наличие газонаполненных ячеек, преграждающих диффузию водяных паров.

Так же, как и LOGICPIR Ф/Ф, XPS CARBON ECO экструдированный пенополистирол не имеет открытых пор и имеет плотную замкнутую ячеистую структуру, препятствующую диффузии водяных паров. Благодаря этому XPS CARBON ECO обеспечивает высокую паронепроницаемость, что делает его эффективным утеплителем в строительных конструкциях. То же самое можно сказать про пенопласт и пенополиуретан (ППУ) за основу химического состава которого взяты полимеры.

Таблица 2.1.2 – Значения коэффициента паропроницаемости утеплителей.

| Наименование утеплителя | Коэффициент паропроницаемости μ мг/(м·ч·Па) |
|--|---|
| Каменная вата | 0,077-0,12 |
| Стекловата | 0,03-0,052 |
| Прошивные маты | 0,03-0,052 |
| Шлаковата | 0,46-0,48 |
| Мат минераловатный ТеплоKNAUF Для Перекрытий | 0,25-0,35 |
| ISOVER (Исовер) - минеральная вата. | 0,079-0,12 |
| Эковата | 0,037-0,042 |
| Пенофол | 0,007-0,015 |
| Мипора | 0,008-0,012 |
| БАЗАЛИТ ПТ 200 | 0,04-0,05 |
| БАЗАЛИТ ПТ 175 | 0,04-0,05 |
| БАЗАЛИТ ПТ 150 | 0,04-0,05 |
| Пенополиуретан | 0,006-0,012 |
| Пенопласт | 0,008-0,020 |
| XPS CARBON ECO | 0,008-0,015 |
| Утеплитель URSA Универсальная GEO | 0,032-0,036 |
| LOGICPIR Ф/Ф | 0,008-0,012 |
| Керамзитобетон | 0,08-0,18 |
| Газобетон | 0,15-0,35 |
| Пенобетон | 0,12-0,25 |
| Газосиликатный блок | 0,09 – 0,16 |
| Ячеистый бетон | 0,07 – 0,25 |
| Блоки стеновые «Сибит» | 0,09 – 0,16 |

3) *Пожарная безопасность* – очень важная характеристика утеплителей, определяющая его поведение в условиях воздействия огня или высоких температур. Пожарная безопасность утеплителей характеризуется следующими факторами: их классом горючести, группой воспламеняемости, дымообразующей способностью, группой распространения пламени и группы токсичности продуктов горения. Всего различают пять классов горючести: негорючие (НГ), слабогорючие (Г1), умеренно горючие (Г2), нормально

горючие (Г3), сильногорючие (Г4). Существуют три группы воспламеняемости: трудно воспламеняемые (В1), умеренно воспламеняемые (В2), легко воспламеняемые (В3). По дымообразующей способности утеплители разделяются на три класса: мало дымные (Д1), умеренно дымные (Д2), сильно дымные (Д3). Различают следующие группы распространения пламени: не распространяющие пламя (РП1), слабо распространяющие пламя (РП2), умеренно распространяющие пламя (РП3), сильно распространяющие пламя (РП4). По токсичности продуктов горения идёт следующее распределение на классы: малоопасные (Т1), умеренно опасные (Т2), высокоопасные (Т3), чрезвычайно опасные (Т4), что представлено в таблице 2.1.3.

Таблица 2.1.3 – Пожарно-технические характеристики утеплителей.

| Наименование утеплителя | Характеристики пожарной безопасности утеплителя | | | | |
|--|---|------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | Степень горючести | Воспламеняемость | Дымообразующая способность | Распространение пламени | Токсичность продуктов горения |
| Каменная вата | НГ | В1 | Д1 | РП1 | Т1 |
| Стекловата | НГ | В1 | Д2 | РП1 | Т2 |
| Прошивные маты | НГ | В1 | Д1 | РП1 | Т1 |
| Шлаковата | НГ | В1 | Д1 | РП1 | Т1 |
| Мат минераловатный ТеплоKNAUF Для Перекрытий | НГ | В1 | Д1 | РП1 | Т1 |
| ISOVER (Исовер) - минеральная вата. | НГ | В1 | Д1 | РП1 | Т1 |
| Эковата | НГ | В1 | Д1 | РП1 | Т1 |
| Пенофол | Г2 | В2 | Д2 | РП2 | Т2 |
| Мипора | Г2 | В2 | Д2 | РП2 | Т2 |
| БАЗАЛИТ ПТ 200 | НГ | В1 | Д2 | РП1 | Т2 |
| БАЗАЛИТ ПТ 175 | НГ | В1 | Д2 | РП1 | Т2 |
| БАЗАЛИТ ПТ | НГ | В1 | Д2 | РП1 | Т2 |

| | | | | | |
|-----------------------------------|----|----|----|-----|----|
| 150 | | | | | |
| Пенополиуретан | Г4 | В3 | Д3 | РП4 | Т4 |
| Пенопласт | Г4 | В3 | Д3 | РП4 | Т3 |
| XPS CARBON ECO | НГ | В1 | Д2 | РП1 | Т2 |
| Утеплитель URSA Универсальная GEO | НГ | В1 | Д2 | РП1 | Т2 |
| LOGICPIR Ф/Ф | НГ | В1 | Д2 | РП1 | Т2 |
| Керамзитобетон | НГ | - | - | РП1 | - |
| Газобетон | НГ | - | - | РП1 | - |
| Пенобетон | НГ | - | - | РП1 | - |
| Газосиликатный блок | НГ | - | - | РП1 | - |
| Ячеистый бетон | НГ | - | - | РП1 | - |
| Блоки стеновые "Сибит" | НГ | - | - | РП1 | - |

4) *Экологичность* – характеристика утеплителя, которая отражает его безопасность по отношению к здоровью человека и безвредность для окружающей среды. Экологичный утеплитель должен обладать безвредным составом без содержания токсичных и канцерогенных веществ. Также у экологичного утеплителя должна быть низкая эмиссия вредных веществ. Отсутствие или минимальное выделение ЛОС (летучих органических соединений) и полное отсутствие радиоактивных веществ. Экологически приемлемый утеплитель должен быть биологически безопасен и устойчив к воздействию микроорганизмов и возникновению плесени. Сырьё, из которого изготавливается утеплитель, должно быть возобновляемое и допускать возможность вторичной обработке. Важно отметить, что экологичный утеплитель должен быть безопасным на этапах монтажа и эксплуатации, а также прост и безвреден в утилизации, что приведено в таблице 2.4.

Таблица 2.1.4 – Экологичность современных утеплителей.

| Наименование утеплителя | Состав | Экологические характеристики утеплителя | | | |
|-------------------------|---|---|--------------------------|----------------------------|---------------|
| | | Выделение ЛОС | Безопасность при монтаже | Биологическая безопасность | Экологичность |
| Каменная вата | Сырьё: Базальт, доломит, известняк. Связующие компоненты: фенолформальдегидные смолы, масляные эмульсии | Низкое | Да | Да | Да |
| Стекловата | Стекольная шихта: Кварцевый песок (SiO ₂) Окись кальция (CaO) Окись натрия (Na ₂ O) Окись магния (MgO) Другие оксиды (Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂) Связующие компоненты: Фенолформальдегидные смолы Масла и эмульсии | Низкое | Да | Да | Да |
| Прошивные маты | Основа: стекловата, минвата. Связующие компоненты: термореактивные синтетические смолы (фенолформальдегидные, карбамидные и др.), натуральные связующие (крахмал, битум), полимерные связующие (акриловые, полиуретановые). Армирующие элементы: стеклянные или металлические сетки, ткани; синтетические или натуральные волокна. | Низкое | Да | Да | Да |

| | | | | | |
|--|---|--------|----|----|----|
| Шлаковата | Сырѐ: Базальтовые породы, доменные шлаки. Связующие компоненты: фенолформальдегидные смолы; карбамидные смолы; акриловые и полиуретановые полимеры. | Низкое | Да | Да | Да |
| Мат минераловатный ТеплоKNAUF Для Перекрытий | <p>Основа: Минеральное базальтовое волокно.</p> <p>Связующие компоненты: фенолформальдегидные смолы; карбамидные смолы; акриловые полимеры.</p> <p>Гидрофобизирующие добавки: гидрофобные добавки на основе кремнийорганических соединений, Армирующие элементы: стекловолоконные сетки; холсты, ткани.</p> | Низкое | Да | Да | Да |
| ISOVER (Исовер) - минеральная вата. | <p>Основа: Минеральное базальтовое волокно.</p> <p>Связующие компоненты: фенолформальдегидные смолы; карбамидные смолы; акриловые полимеры.</p> <p>Гидрофобизирующие добавки: гидрофобные добавки на основе кремнийорганических соединений, Армирующие элементы: стекловолоконные сетки; холсты, ткани.</p> | Низкое | Да | Да | Да |

| | | | | | |
|----------------|--|--------|----|----|----|
| Эковата | <p>Основа: Измельчённая целлюлоза. Связующие компоненты: крахмал; поливиниловый спирт; полимерные дисперсии. Антипирены: борная кислота; сульфат аммония; фосфаты. Антисептики: борная кислота; сульфат меди.</p> | Низкое | Да | Да | Да |
| Пенофол | <p>Основа: Слой вспененного полиэтилена низкой плотности. Клеевые композиции: акриловые дисперсии; этиленвинилацетатные составы; каучуковые латексы. Дополнительные компоненты: армирующие сетки/холсты; антипирены (для повышения огнестойкости); специальные покрытия (например, пароизоляционная пленка).</p> | Низкое | Да | Да | Да |
| Мипора | <p>Основа: вспененный полиэтилен. Клеевые композиции: акриловые дисперсии; этиленвинилацетатные составы; каучуковые латексы. Алюминиевая фольга.</p> | Низкое | Да | Да | Да |
| БАЗАЛИТ ПТ 200 | <p>Основа: Базальтовое волокно. Связующие компоненты: фенол-формальдегидные смолы; карбамидные смолы; акриловые полимеры.</p> | Низкое | Да | Да | Да |
| БАЗАЛИТ ПТ 175 | | | | | |
| БАЗАЛИТ ПТ 150 | | | | | |

| | | | | | |
|--|---|---------|----|-----|-----|
| Пенополиуретан | <p>Основа: Пенополиизоцианат, полиол. Вспенивающие агенты, Катализаторы, Антипиренные добавки.</p> | Среднее | Да | Нет | Нет |
| Пенопласт | <p>Основа: полистирол (стирольные полимеры и сополимеры). Вспенивающие агенты, Стабилизаторы, Антипиренные добавки.</p> | Среднее | Да | Нет | Нет |
| XPS CARBON ECO | <p>Основа: полистирол (стирольные полимеры и сополимеры). Вспенивающие агенты, Минеральный наполнитель (графит), Антипиренные добавки, Стабилизаторы</p> | Среднее | Да | Да | Да |
| Утеплитель URSA Универсальная GEO | <p>Основа: Минеральная вата. Связующее вещество: фенолформальдегидн ые или органические смолы; Гидрофобизирующие добавки: силиконовые или парафиновые вещества; Антипиренные добавки.</p> | Низкое | Да | Да | Да |
| LOGICPIR Ф/Ф | <p>Основа: Пенополиизоцианат, полиол. Вспенивающие агенты, Катализаторы, Антипиренные добавки.</p> | Низкое | Да | Да | Да |
| Керамзитобетон | <p>Лёгкий бетон; Вяжущее: портландцемент;</p> | Низкое | Да | Да | Да |

| | | | | | |
|------------------------------|--|--------|----|----|----|
| | Заполнитель: керамзит; | | | | |
| Газобетон | Ячеистый бетон; Вяжущее: портландцемент; Заполнитель: молотый кварцевый песок, зола-унос; Газообразующие добавки: алюминиевая пудра, пероксид водорода, натриевая соль карбоксиметилцеллю лозы | Низкое | Да | Да | Да |
| Пенобетон | Ячеистый бетон; Вяжущее: портландцемент; Заполнитель: песок мелкий; Пенообразующие добавки на основе животных, растительных или синтетических компонентов. | | | | |
| Блоки стеновые "Сибит" | Разновидность газосиликатных бетонных блоков; Вяжущее: портландцемент, известь; Заполнитель: Кварцевый песок или кварцевая мука; Газообразующая добавка: алюминиевая пудра. | Низкое | Да | Да | Да |

2.2 Выявление преимуществ и недостатков теплоизоляционных материалов

Широкий ассортимент доступных на рынке утеплителей обуславливает необходимость всестороннего анализа их эксплуатационных характеристик и сравнительной оценки. Каждый из видов утеплителей имеет свой ряд преимуществ и недостатков как на этапе эксплуатации, так и на этапе монтажа.

Помимо классификации эффективных утеплителей на ячеистые,

волокнистые и зернистые по структуре утеплители также по другому могут классифицироваться как засыпки, рулонные, плитные и блочные, которые различаются по свойствам теплоизолирующих материалов, что отражено в таблице 2.2.1

Таблица 2.2.1 – Свойства теплоизоляционных материалов.

| Структура утеплителя | Материал | Плотность кг/м ³ | Мин.слой, см | Огнестойкость | Теплопроводность | Гидрофобность |
|----------------------|----------------------|--|--------------|---------------|------------------|---------------|
| Засыпки | Шлак | 1000 | 30 | высокая | очень высокая | низкая |
| | Керамзит | 500 | 20 | высокая | высокая | высокая |
| | Стеклопор | 15-200 | 10 | высокая | низкая | очень низкая |
| | Перлит, вермикулит | 40-100 | 10 | высокая | очень низкая | очень низкая |
| Рулон | Базальтовая вата | 130 | 15 | очень высокая | низкая | низкая |
| | Стекловата | 75-175 | 10-15 | высокая | низкая | низкая |
| | Мин. Вата | 35-125 | 10-15 | высокая | низкая | низкая |
| | Маты прошивные | 75-150 | 10-15 | высокая | низкая | низкая |
| | Пластифом | 50-60 | 2 | высокая | низкая | очень высокая |
| Плиты | Пенофол | 60-70 | 5 | низкая | низкая | средняя |
| | ИзOVER, УРСА | Фирменные изделия из стекло/минер. Ваты, свойства те же. | | | | |
| | Пенопласт | 35-50 | 10 | низкая | очень низкая | средняя |
| | Пенополистирол | 30-40 | 10 | низкая | очень низкая | средняя |
| | Пенополиуретан | 30-60 | 10 | низкая | очень низкая | средняя |
| | Мипора | 25-40 | 10 | низкая | очень низкая | средняя |
| | Стекловата/Минвата | 75-250 | 10-15 | средняя | низкая | низкая |
| Древесно-волокнистые | 250 | 1,5-3 | очень низкая | высокая | очень низкая | |
| Блоки стеновые | Пенобетон | 600 | 25 | высокая | высокая | низкая |
| | Газобетон | 400-800 | 20-40 | высокая | высокая | низкая |
| | Газосиликатные блоки | 400-800 | 20-40 | высокая | высокая | низкая |
| | Ячеистый бетон | 400-800 | 20-40 | высокая | высокая | низкая |
| | Керамзитобетон | 1000 | 20-40 | высокая | высокая | низкая |

Засыпки, они же зернистые утеплители отличаются зернистой рассыпчатой структурой. По составу засыпки бывают: минераловатные

шлаковые, перлитовые и вермикулитовые, керамзитовые, стеклопоровые из стекловолокна и вспененного стекла. По размеру частиц засыпки делятся на мелкие, средние и крупные. Мелкие частицы достигают от 1мм до 3мм, средние от 3мм до 5мм и крупные от 5мм до 10мм. Все виды засыпок обладают очень высокой огнестойкостью но низкой гидрофобностью. Говоря про теплоизоляционные качества засыпок стоит отметить, что засыпки обладают вполне достойными теплоизоляционными показателями. Но за именем низкой гидрофобности вида материала теплоизоляционные качества утеплителя очень быстро утратят свою силу.

Рулонные, они же волокнистые утеплители характеризуются различной архитектурой и пространственной организацией своих структурных элементов. Рулонные утеплители, как правило, представляют собой материалы с ориентированными волокнами, собранными в параллельные слои. Наглядным примером рулонного вида утеплителей являются стекловата, минвата, базальтовая вата и шлаковата. Утеплители рулонного типа обладают превосходной огнестойкостью, но несмотря на вполне достойные теплозащитные показатели, сильно уступают в теплоизоляционных качествах плитным видам утеплителей за именем низкой гидрофобности и высокой гигроскопичности.

К ячеистого вида утеплителям можно отнести плитные утеплители, но существует некоторое отличие. Плитные утеплители, как правило, имеют более компактную, цельную макроструктуру, обеспечивающую им более высокие показатели прочности и жёсткости. В свою очередь, ячеистые утеплители обладают развитой пористой макроструктурой, что придаёт им меньшую плотность и механическую сопротивляемость. К плитным утеплителям с компактной макроструктурой относятся, к примеру, более жёсткие и прочные виды минеральной и стеклянной ваты, в свою очередь к плитным утеплителям с пористой ячеистой структурой относят пенополистирольные (PPS), (XPS) и пенополиуретановые (PIR) плиты. Утеплители данной классификации обладают высокой огнестойкостью, превосходными теплозащитными

свойствами и вполне достойными показателями гидрофобности.

Стоит отдельно выделить стеновые блоки как вид теплоизоляционного материала. Сами по себе стеновые блоки обладают высокой теплопроводностью что говорит о низких показателях тепловой защиты, поэтому использование стеновых блоков в качестве утеплителя а также производство монтажа стеновых конструкций без дальнейшей их теплоизоляции нецелесообразно с теплотехнической точки зрения. Но, несмотря на низкие теплозащитные показатели, стеновые блоки обладают отличной огнеупорностью. Из популярных стеновых блоков выделяют пенобетонные, газобетонные, керамзитобетонные, газосиликатные блоки.

Для исследования взяты такие популярные утеплители, как: минплита ПТЭ 125, пенополистирол ПСБ-С-М-25, минвата П – 75, минвата Кнауф.

Минплита ПТЭ 125



Фотография 2.2.1 – упаковка минплита ПТЭ 125

Минплита ПТЭ 125 – вид волокнистого минераловатного теплоизоляционного материала, волокна которого изготавливаются из доменных шлаков. Коэффициент теплопроводности материала составляет $0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К})$. Плотность материала составляет $138 \text{ кг}/\text{м}^3$. Предельно допустимая температура нагревания данного материала составляет 300°C .

Плита безопасна в пожарном отношении и не способствует распространению огня. Кроме того, минплита ПТЭ -123 является «дышащим» материалом, позволяющим влаге выходить из конструкции, что препятствует накоплению конденсата. Прочность на сжатие материала составляет 125 кПа. Это высокий показатель прочности, обеспечивающий надежную изоляцию при воздействии механических нагрузок.

Преимущества минплиты ПТЭ - 125:

Одним из главных преимуществ минплиты ПТЭ -125 является низкий коэффициент теплопроводности. Это говорит о том, что утеплитель обладает хорошими теплоизоляционными показателями и способен обеспечить многослойные ограждающие конструкции стен зданий хорошим уровнем теплозащиты. У данного утеплителя очень высокие показатели прочности на сжатие, что обеспечивает устойчивость к механическим нагрузкам. Изготовлен утеплитель из природных минеральных материалов и безопасен для здоровья. Также утеплитель не выделяет вредных веществ в процессе эксплуатации, тем самым является безопасным и для экологии тоже.

Недостатки шлаковаты:

Минплита ПТЭ -125 является материалом с высокой плотностью, что говорит о том, что посредством материала может увеличиться нагрузка на несущие конструкции. Минераловатные плита ПТЭ-125 требует дополнительной защиты от воздействия влаги, так как обладает хорошей гигроскопичностью. Укладка минераловатных плит ПТЭ-125, требует определенных навыков и аккуратности. Неправильный монтаж может привести к снижению эффективности теплоизоляции.

Пенополистирол ПСБ-С-М-25

Пенополистирол ПСБ-С-М-25 – это строительный теплоизоляционный материал, относящийся к классу пенополистироловых (пенопластовых) плит. Изготавливается утеплитель в плитном виде. Коэффициент теплопроводности пенополистирола ПСБ-С-М-25 составляет 0,038 Вт/(м × К).



Фотография 2.2.2 – Плиты пенополистирол ПСБ-С-М-25.

Плотность материала составляет $18,5 \text{ кг/м}^3$. Это относительно низкая плотность, обеспечивающая хорошие теплоизоляционные свойства. Прочность на сжатие составляет 150 кПа. Это достаточно высокая прочность для строительных теплоизоляционных материалов. Является умеренно горючим материалом, имеет класс горючести Г1.

Преимущества Пенополистирола ПСБ-С-М-25:

Утеплитель обладает низкими показателями коэффициента теплопроводности, что обеспечивает конструкциям достойный уровень тепловой защиты. Материал низкой плотности, что обеспечивает лёгкий вес конструкций, упрощает монтаж и снижает нагрузку на несущие конструкции. Пенополистирол практически не впитывает влагу и это предотвращает ухудшение теплоизоляционных и прочностных свойств при воздействии влаги. Утеплитель также имеет высокую механическую прочность и устойчив к воздействию биологических факторов и химических веществ. Одним из главных преимуществ Пенополистирола ПСБ-С-М-25 является сохранение своих теплоизоляционных свойств в течение длительного срока эксплуатации.

Недостатки Пенополистирола ПСБ-С-М-25:

Одним из основных недостатков пенополистирола ПСБ-С-М-25 является

его горючесть. Данный материал относится к группе Г1 (умеренно-горючие), что ограничивает его использование в конструкциях, подверженных высокому риску возникновения пожара. Это требует принятия дополнительных мер противопожарной защиты при монтаже пенополистирольных систем, например, применение специальных огнезащитных покрытий. Еще одним ограничением пенополистирола является его хрупкость. Данный теплоизоляционный материал обладает невысокой ударной прочностью, что требует аккуратного обращения и повышенных мер предосторожности при транспортировке, хранении и монтаже. Несоблюдение правил обращения может приводить к повреждению плит, снижению их эффективности и нарушению целостности изоляционной системы. Следует также отметить, что пенополистирол ПСБ-С-М-25 характеризуется низкой паропроницаемостью. Это может привести к накоплению влаги в конструкциях и образованию грибковых поражений, что ухудшает эксплуатационные характеристики как самого материала, так и всей строительной системы. Для предотвращения этого явления необходимо предусматривать дополнительные мероприятия по обеспечению паропроницаемости ограждающих конструкций.

Минвата П – 75



Фотография 2.2.3 – Упаковки минваты П – 75.

Минвата П – 75 – это один из видов минераловатных теплоизоляционных материалов, широко применяемых в строительной отрасли. Минеральная вата П-75 представляет собой пористый теплоизоляционный материал,

изготовленный из волокон горных пород - базальта или сланца. Эти волокна скреплены между собой специальным связующим веществом, формируя гибкие, но прочные плиты или маты.

Основной особенностью минваты П-75 является ее плотность, которая составляет 75 кг/м^3 . Данная плотностная характеристика определяет многие физико-технические свойства этого материала и делает его востребованным для широкого круга применений. Минераловатные плиты П-75 обладают высокими теплоизоляционными свойствами, о чем свидетельствует их низкий коэффициент теплопроводности $0,047 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$. Это позволяет эффективно снижать теплотери через ограждающие конструкции зданий и обеспечивать требуемый уровень энергосбережения.

Преимущества минваты П – 75:

Одним из ключевых преимуществ минваты П-75 являются ее высокие теплоизоляционные свойства. Низкий коэффициент теплопроводности материала обеспечивает эффективное снижение теплотерь через ограждающие конструкции зданий. Это позволяет существенно повысить энергоэффективность объектов и обеспечить комфортный микроклимат в помещениях. Помимо теплозащитных характеристик, минераловатные плиты П-75 демонстрируют высокие показатели звукоизоляции. Волокнистая структура материала способствует эффективному поглощению и демпфированию звуковых волн, что делает его незаменимым при решении задач акустического комфорта в зданиях. Важным преимуществом минваты П-75 является ее негорючесть. Данный теплоизоляционный материал относится к группе негорючих (НГ), что обеспечивает высокий уровень пожарной безопасности конструкций, в которых он применяется. Это исключает риск распространения огня и снижает вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций. Минераловатные плиты П-75 также отличаются высокой устойчивостью к воздействию влаги, микроорганизмов и грызунов. Такие свойства гарантируют сохранение их эксплуатационных характеристик на протяжении длительного срока службы, что повышает надежность и

долговечность строительных конструкций. Несмотря на достаточно высокую плотность 75 кг/м^3 , минвата П-75 сохраняет относительно небольшой вес, что упрощает ее транспортировку и монтаж. Кроме того, материал легко поддается механической обработке, что позволяет создавать сложные теплоизоляционные системы различной конфигурации.

Недостатки минваты П – 75:

Одним из главных недостатков минеральной ваты П-75 является ее относительно высокая плотность, составляющая 75 кг/м^3 . Хотя этот показатель все еще позволяет отнести материал к легким, он может стать ограничивающим фактором при применении минваты в конструкциях, где важно минимизировать нагрузку на несущие элементы. Еще одним недостатком является низкая паропроницаемость минеральной ваты. Данный материал обладает весьма плотной волокнистой структурой, которая затрудняет диффузию водяного пара через толщу изоляции. Это может приводить к накоплению влаги в ограждающих конструкциях и возникновению проблем, связанных с образованием конденсата. Минвата П-75 также характеризуется относительно невысокой упругостью и эластичностью. Ее волокна не обладают высокой степенью гибкости, что затрудняет монтаж материала в сложных геометрических формах и ограничивает его применение в конструкциях с нестандартной геометрией. Следует также отметить, что минераловатные плиты П-75 могут представлять определенные трудности при резке и механической обработке. Их волокнистая структура и незначительная прочность на разрыв требуют аккуратности и специальных инструментов для выполнения таких операций.

Минвата Кнауф

Минеральная вата Кнауф - это высококачественный теплоизоляционный материал, производимый немецким концерном Knauf. Минвата Кнауф изготавливается из базальтового или стеклянного волокна, которое скрепляется специальными связующими веществами. Плотность 15 кг/м^3 Коэффициент теплопроводности материала $0,036 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$.



Фотография 2.2.4 – Поддон с утеплителем Кнауф

Преимущества Минеральной ваты Кнауф:

Одним из ключевых преимуществ минеральной ваты Кнауф является ее превосходные теплоизоляционные свойства. Коэффициент теплопроводности данного материала составляет $0,036 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$, что обеспечивает высокую эффективность в снижении теплопотерь многослойных ограждающих конструкций. Применение минваты Кнауф позволяет значительно повысить энергоэффективность зданий и сооружений, способствуя сокращению затрат на отопление и охлаждение. Наряду с теплозащитными характеристиками, минераловатные изделия Кнауф обладают отличными звукоизоляционными свойствами. Волокнистая структура материала способствует эффективному поглощению и демпфированию звуковых волн, что создает комфортные акустические условия в помещениях. Это делает минвату Кнауф незаменимым решением для обеспечения высокого уровня звукоизоляции в зданиях. Важным преимуществом минеральной ваты Кнауф является ее высокая огнестойкость. Материал относится к классу негорючих (НГ), что обеспечивает повышенный уровень пожарной безопасности конструкций с его применением. Минвата Кнауф не поддерживает горение и препятствует распространению огня, защищая здания и сооружения от разрушительных последствий пожара. Еще

одним достоинством минераловатной продукции Кнауф является ее устойчивость к воздействию влаги и биологических факторов. Материал не подвержен разрушению под действием влаги, микроорганизмов и грызунов, что гарантирует длительный срок его эксплуатации без потери первоначальных технических характеристик. Немаловажным преимуществом минваты Кнауф является ее относительная легкость и простота монтажа. Благодаря небольшому весу, плиты и маты легко транспортируются и укладываются, что упрощает процесс устройства теплоизоляционных систем. Кроме того, материал хорошо поддается механической обработке, что позволяет создавать сложные теплозащитные конструкции различной конфигурации. Широкий ассортимент минераловатной продукции Кнауф, включающий изделия различной плотности и толщины, дает возможность подбирать оптимальные решения для широкого спектра строительных и промышленных применений. Это обеспечивает высокую универсальность и гибкость в выборе наиболее подходящего теплоизоляционного материала.

Недостатки Минеральной ваты Кнауф:

Следует отметить, что при неправильном монтаже или механическом воздействии минераловатные плиты и маты Кнауф могут подвергаться расслоению и деформации. Это может отрицательно сказаться на их теплоизоляционных свойствах и целостности конструкции. Поэтому требуется высокая квалификация специалистов при укладке минваты для обеспечения надлежащего качества выполняемых работ. Еще одним недостатком минеральной ваты Кнауф можно считать ее восприимчивость к воздействию влаги. Несмотря на высокую устойчивость материала к влаге, длительное или повторяющееся попадание воды может привести к ухудшению его теплоизоляционных характеристик и снижению прочности. Это необходимо учитывать при использовании минваты в помещениях с повышенной влажностью или при возможности протечек. Кроме того, минеральная вата Кнауф, как и другие волокнистые материалы, может оказывать раздражающее воздействие на кожу и дыхательные пути при непосредственном контакте. Это

требует применения средств индивидуальной защиты при работе с данным материалом, что усложняет и замедляет процесс монтажа. Следует также отметить, что утилизация и переработка отходов минеральной ваты Кнауф может быть затруднена. Ввиду высокой химической стойкости материала, его утилизация требует специальных мероприятий, что повышает общие затраты на применение минваты в строительстве.

Выводы по второй главе:

1) Обзорный сравнительный анализ теплотехнических характеристик ячеистых, зернистых и волокнистых видов утеплителей показал, что наилучшими теплозащитными качествами обладают утеплители ячеистого вида. Плотная ячеистая и компактная структура способствует высокой прочности и гидрофобности, что свидетельствует о высоких теплозащитных показателях данного вида утеплителей.

2) Каждый из видов популярных утеплителей имеет ряд преимуществ и недостатков. У засыпок это – очень низкая гидрофобность и высокая гигроскопичность, . У волокнистых – риск усадки, высокая гигроскопичность и низкая гидрофобность, но утеплители данного вида обладают хорошими теплоизоляционными свойствами и удобством в монтаже. Недостатки и преимущества ячеистых видов распределим на два подвида: Недостатки плит на основе минеральной ваты в их низкой гидрофобности и довольно высокой гигроскопичности, но несмотря на недостатки минераловатные плиты обладают довольно низкой теплопроводностью. Недостатки плит пенополистирольных и пенополиуретановых в их боязни ультрафиолетовых лучей, в их умеренной но всё же токсичности. Но несмотря на недостатки утеплители данного вида обладают превосходными теплозащитными свойствами, не имеют риска усадки и просты в монтаже.

ГЛАВА 3. Прогнозирование теплопотерь с помощью расчёта в системе ELCUT с разработкой рекомендаций по минимизации теплопотерь

Оценка теплопотерь является ключевым фактором в обеспечении энергоэффективности зданий, что обуславливает ее высокую актуальность в современных условиях. Данная проблематика приобретает особую значимость в контексте глобальных тенденций по снижению энергопотребления и минимизации вредных воздействий на окружающую среду. Теплопотери через ограждающие конструкции выступают основным фактором, определяющим энергетические затраты на поддержание комфортного микроклимата в помещениях. В этой связи, оптимизация теплозащитных свойств зданий посредством сокращения теплопотерь напрямую влияет на показатели энергетической эффективности, способствуя достижению требуемых нормативных значений.

Система ELCUT представляет собой программный комплекс для численного моделирования и анализа тепловых процессов. Данное программное обеспечение характеризуется широким спектром возможностей и высокой точностью расчетов, что обуславливает его широкое применение в инженерной практике.

В части моделирования тепловых процессов, ELCUT позволяет осуществлять всесторонний анализ распределения температурных полей, тепловых потоков и теплообмена в различных конструкциях и системах. Программный комплекс поддерживает решение задач стационарной и нестационарной теплопроводности, теплообмена излучением, а также совместного расчета тепловых и электромагнитных полей.

3.1 Теплотехнический расчёт многослойных стен

Расчёт проведён согласно требованиям следующей нормативной документации:

СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий [1];

СП 131.13330.2012 Строительная климатология [43];

СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий [44].

Согласно табл 1. [1] при $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $\varphi_{int} = 55\%$ влажностный режим помещений принимается как нормальный.

Исходя из нормативных требований к приведённому сопротивлению теплопередаче (п. 5.2) [1] определим базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче R_0^{TP}

$$R_0^{TP} = a \times \text{ГСОП} + b \quad (3.2.1)$$

где a и b – коэффициенты, принимаемые по табл 3. [1].

Так для наружных стен жилых зданий значения коэффициентов будут $a=0,00035$ $b=1,4$.

По формуле 5.2 [1] определим градусо-сутки отопительного периода (ГСОП)

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{OT})z_{OT} \quad (3.2.2)$$

Где $t_B = 20^{\circ}\text{C}$ - расчётная средняя температура внутреннего воздуха здания;
 $t_{OT} = -7,9^{\circ}\text{C}$ - средняя температура наружного воздуха; $z_{OT} = 223$ сут. – продолжительность отопительного периода. Значения t_B , t_{OT} и z_{OT} принимаются по таблице 3.1* [43].

Таблица 3.2.1 - Оптимальные параметры внутреннего воздуха помещений зданий.

| Здания и помещения | Температура воздуха внутри помещений здания t_{int} , °C | Относительная влажность внутри помещений здания φ_{int} , % | Температура точки росы t_d , °C |
|---|---|--|--------------------------------------|
| 1. Жилые здания | 21 | 55 | 11,6 |
| 2. Общеобразовательные учреждения и другие общественные здания, поименованные в 1.1, кроме перечисленных в 3 и 4 этой таблицы | 21 | 55 | 11,6 |

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| 3.Поликлиники и лечебные учреждения, дома- интернаты | 22 | 55 | 12,6 |
| 4.Дошкольные учреждения | 22 | 55 | 12,6 |
| 5.Помещения кухонь, ванных комнат и плавательных бассейнов соответственно | 20 25 27 | 60 60 67 | 12 16,7 20,4 |

Таблица 3.2.2 – Расчетные температуры наружного воздуха в холодный период года для некоторых городов и районных центров Республики Хакасии.

| Города, районные центры | наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, t_{ext} | жилых, общеобразовательных учреждений и др. поликлиник и лечебных учреждений, домов-интернатов и дошкольных учреждений | |
|-------------------------|--|--|------|
| | | Абакан | -37 |
| Абаза | -38 | -6,8 | -5,7 |
| Бея | -38 | -6,7 | -5,6 |
| Коммунар | -36 | -6,6 | -5,5 |
| Ненастная | -35 | -7,0 | -6,0 |
| Неожиданный | -40 | -8,2 | -7,2 |
| Саяногорск | -38 | -6,7 | -5,7 |
| Таштып | -38 | -7,4 | -6,3 |
| Уйбат | -39 | -7,6 | -6,7 |
| Шира | -38 | -7,7 | -6,6 |

Значение градусо- суток отопительного периода D_d , °С·сут, для населенных пунктов Республики нормируется согласно [1].

Таблица 3.2.3 – Градусо-сутки отопительного периода для населённых пунктов Республики Хакасия.

| Города и районные центры | Градусо-сутки Dd, °C сут/ продолжительность отопительного периода zht, сут | | |
|--------------------------|--|--|-----------------------|
| | Здания: | | |
| | Жилые, школьные и др. общественные, кроме перечисленных в графах 3 и 4 | Поликлиник и лечебных учреждений, домов-интернатов | Дошкольных учреждений |
| Абакан | 6222/223 | 6824/242 | 7066/242 |
| Абаза | 6311/227 | 6542/245 | 6787/245 |
| Бея | 6343/229 | 6517/245 | 6762/245 |
| Коммунар | 7066/256 | 7288/275 | 7563/275 |
| Ненастная | 7756/277 | 7992/296 | 8288/296 |
| Неожиданный | 7300/250 | 7473/265 | 7738/265 |
| Саяногорск | 6177/223 | 6381/239 | 6620/239 |
| Таштып | 6759/238 | 6880/252 | 7132/252 |
| Уйбат | 6864/240 | 7091/256 | 7347/256 |
| Шира | 6773/236 | 7010/254 | 7264/254 |

$$ГСОП = (20 - (-7,9))223 = 6221,7^{\circ}\text{C} \times \text{сут}$$

Определяем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{ТР}}$ исходя из формулы 1.

$$R_0^{\text{ТР}} = 0,00035 \times 6221,7 + 1,4 = 3,58(\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт})$$

Исходя из того, что Абакан относится к пункту с сухой зоной влажности а влажностный режим помещений – нормальный, теплотехнические характеристики материалов будут приниматься как для условий эксплуатации А (табл. 2 [1]).

Исходя из того, что застройка исследуемых объектов является типовой, и ограждающие конструкции стен всех объектов, присутствующих в исследовании, сконструированы по идентичной схеме, теплотехнический расчёт ограждающих конструкций стен исследуемых объектов проводился согласно разрезу стены, изображённому на рисунке.

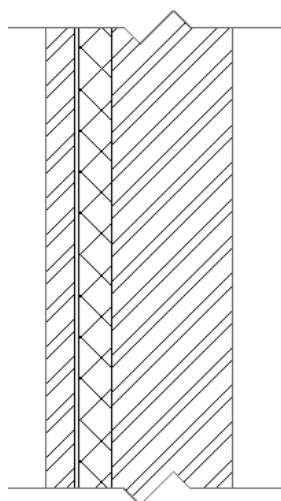


Рисунок 3.2.1 – Разрез стены

Конструкция стены состоит из кладки из пустотного глиняного кирпича, облицовочного глиняного кирпича с утеплителем в середине слоёв конструкции. Между утеплителем и облицовочной кладкой присутствует воздушная прослойка. Толщину слоёв, удельную теплоёмкость и плотность материала, из которого сделан слой и коэффициент теплопроводности материала, из которого сделан слой конструкции можно увидеть в таблице

Таблица 3.2.4 – Состав многослойных ограждающих конструкций стен исследуемых объектов.

| Наименование слоя | $\delta, \text{м}$ | $\lambda, (\text{Вт/м}^{\circ}\text{C})$ | $\rho, \text{кг/м}^3$ | $C0 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ |
|---|--------------------|--|-----------------------|---|
| Кладка из пустотного глиняного кирпича | 0,12 | 0,56 | 1800 | 0,88 |
| Утеплитель | 0,14 | | | |
| минплита ПТЭ 125 | | 0,035 | 138 | 0,84 |
| Пенополистирол ПСБ-С-М-25 | | 0,038 | 18,5 | 1,25 |
| минвата П - 75 | | 0,047 | 75 | 0,84 |
| минвата Кнауф | | 0,036 | 15 | 0,8 |
| Воздушная прослойка | 0,02 | 0,0259 | | 1 |
| Кладка облицовочная из пустотного глиняного кирпича | 0,51 | 0,56 | 1800 | 0,88 |

Вариант 1. Теплотехнический расчёт ограждающей конструкции стены объекта с утеплителем Пенополистирол ПСБ-С-М-25. Объект находится по адресу ул. Кирова 175.



Рисунок 3.1.1 – Фотография объекта исследования по адресу ул. Кирова 175

Таблица 3.1.1 – Состав стены

| № п/п | Наименование материала | c_0 кДЖ/кг*°С | δ , м | λ , Вт/М*°С |
|-------|--|-----------------|--------------|---------------------|
| 1 | Кирпичная кладка из обычного глиняного кирпича | 0,88 | 0,51 | 0,56 |
| 2 | Пенополистирол ПСБ-С-М-25 | 1,25 | 0,14 | 0,038 |
| 3 | Воздушная прослойка | 1 | 0,02 | 0,0259 |
| 4 | Облицовочная верста из обычного гиняного кирпича | 0,88 | 0,12 | 0,81 |

1. Кладка из пустотного глиняного кирпича, толщина $\delta_1 = 0,51$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 0,56$ Вт/(м°С) , плотность $\rho_1 = 1800$ кг/м³

2. Пенополистирол ПСБ-С-М-25, толщина $\delta_2 = 0,14$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0,038$ Вт/(м°С), плотность $\rho_2 = 18,5$ кг/м³.

3. Воздушная прослойка, толщина $\delta_3 = 0,02$ м , коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 0,0259$ Вт/(м°С)

4. Кладка облицовочная из пустотного глиняного кирпича, толщина $\delta_4 = 0,12$ м, коэффициент теплопроводности $\lambda_4 = 0,56$ Вт/(м°С) , плотность $\rho_4 = 1800$ кг/м³.

По формуле Е.6 [1] определяем значение условного сопротивления

теплопередаче.

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} \quad (3.2.3)$$

Где α_{int} и α_{ext} – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности воздуха, принимаемые по табл.4 [1].

$$\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

$$\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$$

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,56} + \frac{0,14}{0,038} + \frac{0,02}{0,0259} + \frac{0,12}{0,56} + \frac{1}{23} = 5,7 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$$

По формуле 11 [44] определяем приведённое сопротивление теплопередаче $R_0^{\text{пр}}$

$$R_0^{\text{пр}} = R_0^{\text{усл}} \times r \quad (3.2.4)$$

Где r – коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов, проёмов, обрамляющих рёбер, гибких связей и других теплопроводных включений. $r = 0,92$

$$R_0^{\text{пр}} = 5,7 \times 0,92 = 5,2 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$$

Вывод: величина приведённого сопротивления $R_0^{\text{пр}}$ больше требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{норм}}$ ($R_0^{\text{пр}} > R_0^{\text{норм}}$; $5,2 > 3,58$) следовательно представленная ограждающая конструкция соответствует требованиям по теплопередаче.

Вариант 2. Теплотехнический расчёт ограждающей конструкции стены объекта с утеплителем Минвата П – 75. Объект находится по адресу ул. Авиаторов 5А, 1 корпус

1. Кладка из пустотного глиняного кирпича, толщина $\delta_1 = 0,51\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$, плотность $\rho_1 = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$

2. Минвата П – 75, толщина $\delta_2 = 0,14\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0,047 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$, плотность $\rho_2 = 75 \text{ кг}/\text{м}^3$.

3. Воздушная прослойка, толщина $\delta_3 = 0,02\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 0,0259 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$

4. Кладка облицовочная из пустотного глиняного кирпича, толщина $\delta_4 = 0,12\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_4 = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$, плотность $\rho_4 = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$.



Рисунок 3.1.2 - Фотография объекта исследования по адресу ул. Авиаторов 5А
1 корпус.

Таблица 3.1.2 – Состав стены

| № п/п | Наименование материала | $c_0 \text{ кДЖ}/\text{кг}^\circ\text{С}$ | $\delta, \text{м}$ | $\lambda, \text{Вт}/\text{М}^\circ\text{С}$ |
|-------|---|---|--------------------|---|
| 1 | Кирпичная кладка из обычного глиняного кирпича | 0,88 | 0,51 | 0,56 |
| 2 | Минвата П - 75 | 0,84 | 0,14 | 0,047 |
| 3 | Воздушная прослойка | 1 | 0,02 | 0,0259 |
| 4 | Облицовочная верста из обычного глиняного кирпича | 0,88 | 0,12 | 0,81 |

По формуле Е.6 [1] определяем значение условного сопротивления теплопередаче.

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

Где α_{int} и α_{ext} – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности воздуха, принимаемые по табл.4 [1].

$$\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$$

$$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$$

$$R_0^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,56} + \frac{0,14}{0,047} + \frac{0,02}{0,0259} + \frac{0,12}{0,56} + \frac{1}{23} = 5 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

По формуле 11 [44] определяем приведённое сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$

$$R_0^{пр} = R_0^{усл} \times r$$

Где r – коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов, проёмов, обрамляющих рёбер, гибких связей и других теплопроводных включений. $r = 0,92$

$$R_0^{пр} = 5 \times 0,92 = 4,6 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

Вывод: величина приведённого сопротивления $R_0^{пр}$ больше требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{норм}$ ($R_0^{пр} > R_0^{норм}$; $4,6 > 3,58$) следовательно представленная ограждающая конструкция соответствует требованиям по теплопередаче.

Вариант 3. Теплотехнический расчёт ограждающей конструкции стены объекта с утеплителем Минплита ПТЭ 125. Объект находится по адресу ул. Авиаторов 5А 2 корпус



Рисунок 3.1.3 - Фотография объекта исследования по адресу ул. Авиаторов 5А 2 корпус

1. Кладка из пустотного глиняного кирпича, толщина $\delta_1 = 0,51\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$, плотность $\rho_1 = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$

2. Минплита ПТЭ 125, толщина $\delta_2 = 0,14\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$, плотность $\rho_2 = 138 \text{ кг}/\text{м}^3$.

3. Воздушная прослойка, толщина $\delta_3 = 0,02\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 0,0259 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$

4. Кладка облицовочная из пустотного глиняного кирпича, толщина $\delta_4 = 0,12\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_4 = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$, плотность $\rho_4 = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Таблица 3.1.3 – Состав стены

| № п/п | Наименование материала | $c_0 \text{ кДЖ}/\text{кг}^\circ\text{С}$ | $\delta, \text{м}$ | $\lambda, \text{Вт}/\text{М}^\circ\text{С}$ |
|-------|---|---|--------------------|---|
| 1 | Кирпичная кладка из обычного глиняного кирпича | 0,88 | 0,51 | 0,56 |
| 2 | Минплита ПТЭ 125 | 0,84 | 0,14 | 0,035 |
| 3 | Воздушная прослойка | 1 | 0,02 | 0,0259 |
| 4 | Облицовочная верста из обычного глиняного кирпича | 0,88 | 0,12 | 0,81 |

По формуле Е.6 [1] определяем значение условного сопротивления теплопередаче.

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}$$

Где α_{int} и α_{ext} – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности воздуха, принимаемые по табл.4 [1].

$$\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$$

$$\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{С})$$

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,56} + \frac{0,14}{0,035} + \frac{0,02}{0,0259} + \frac{0,12}{0,56} + \frac{1}{23} = 6,1 \text{ м}^2\text{С}/\text{Вт}$$

По формуле 11 [44] определяем приведённое сопротивление теплопередаче $R_0^{\text{пр}}$

$$R_0^{\text{пр}} = R_0^{\text{усл}} \times r$$

Где r – коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов, проёмов, обрамляющих рёбер, гибких связей и других теплопроводных включений. $r = 0,92$

$$R_0^{\text{пр}} = 6,1 \times 0,92 = 5,6 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

Вывод: величина приведённого сопротивления $R_0^{\text{пр}}$ больше требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{норм}}$ ($R_0^{\text{пр}} > R_0^{\text{норм}}$; $5,6 > 3,58$) следовательно представленная ограждающая конструкция соответствует требованиям по теплопередаче.

Вариант 4. Теплотехнический расчёт ограждающей конструкции стены объекта с утеплителем Минвата Кнауф. Объект находится по адресу ул. Генерала Тихонова 4



Рисунок 3.1.4 - Фотография объекта исследования по адресу ул. Генерала Тихонова 4.

1. Кладка из пустотного глиняного кирпича, толщина $\delta_1 = 0,51\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$, плотность $\rho_1 = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$
2. Минвата Кнауф, толщина $\delta_2 = 0,14\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0,036 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$, плотность $\rho_2 = 15 \text{ кг}/\text{м}^3$.
3. Воздушная прослойка, толщина $\delta_3 = 0,02\text{м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 0,0259 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$

4. Кладка облицовочная из пустотного глиняного кирпича, толщина $\delta_4 = 0,12\text{м}$, коэффициент

Таблица 3.1.4 – Состав стены.

| № п/п | Наименование материала | c_0 кДЖ/кг*°С | $\delta, \text{м}$ | $\lambda, \text{Вт/М*°С}$ |
|-------|---|-----------------|--------------------|---------------------------|
| 1 | Кирпичная кладка из обычного глиняного кирпича | 0,88 | 0,51 | 0,56 |
| 2 | Минвата Кнауф | 0,8 | 0,14 | 0,036 |
| 3 | Воздушная прослойка | 1 | 0,02 | 0,0259 |
| 4 | Облицовочная верста из обычного глиняного кирпича | 0,88 | 0,12 | 0,81 |

теплопроводности $\lambda_4 = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$, плотность $\rho_4 = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

По формуле Е.6 [1] определяем значение условного сопротивления теплопередаче.

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}$$

Где α_{int} и α_{ext} – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности воздуха, принимаемые по табл.4 [1].

$$\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$$

$$\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$$

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,56} + \frac{0,14}{0,036} + \frac{0,02}{0,0259} + \frac{0,12}{0,56} + \frac{1}{23} = 5,9 \text{ м}^2\text{°С}/\text{Вт}$$

По формуле 11 [44] определяем приведённое сопротивление теплопередаче $R_0^{\text{пр}}$

$$R_0^{\text{пр}} = R_0^{\text{усл}} \times r$$

Где r – коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние стыков, откосов, проёмов, обрамляющих рёбер, гибких связей и других теплопроводных включений. $r = 0,92$

$$R_0^{\text{пр}} = 5,9 \times 0,92 = 5,4 \text{ м}^2\text{°С}/\text{Вт}$$

Вывод: величина приведённого сопротивления $R_0^{\text{пр}}$ больше требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{норм}}$ ($R_0^{\text{пр}} > R_0^{\text{норм}}$; $5,4 > 3,58$) следовательно представленная ограждающая конструкция соответствует требованиям по

теплопередаче.

Вывод: величина приведённого сопротивления $R_0^{пр}$ меньше требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{норм}$ ($R_0^{пр} < R_0^{норм}$; $1,6 < 3,58$) следовательно представленная ограждающая конструкция не соответствует требованиям по теплопередаче.

Таблица 3.2.5 – Результаты теплотехнического расчёта.

| Адрес объекта и наименование утеплителя | Расчётное сопротивление теплопередаче | Нормируемое сопротивление теплопередаче | Требованию по теплопередаче |
|---|---------------------------------------|---|-----------------------------|
| ул. Кирова 175 Пенополистирол ПСБ-С-М-25. | 4,8 | 3,58 | Соответствует |
| ул. Авиаторов 5А 1 корпус Минвата П – 75 | 5,2 | | Соответствует |
| ул. Авиаторов 5А 2 корпус Минплита ПТЭ 125 | 3,9 | | Соответствует |
| ул. Генерала Тихонова 4 Минвата Кнауф | 4,5 | | Соответствует |

3.3 Расчёт теплотерь в системе ELCUT

Для хорошего выбора эффективного утеплителя для многослойных ограждающих конструкций стен зданий необходимо рассчитать теплотери, возникающие в конструкциях стен. С помощью программного комплекса Elcut составлены модели стены с различными видами популярного утеплителя и смоделированы процессы тепловых потерь при наличии каждого из шести видов утеплителя.

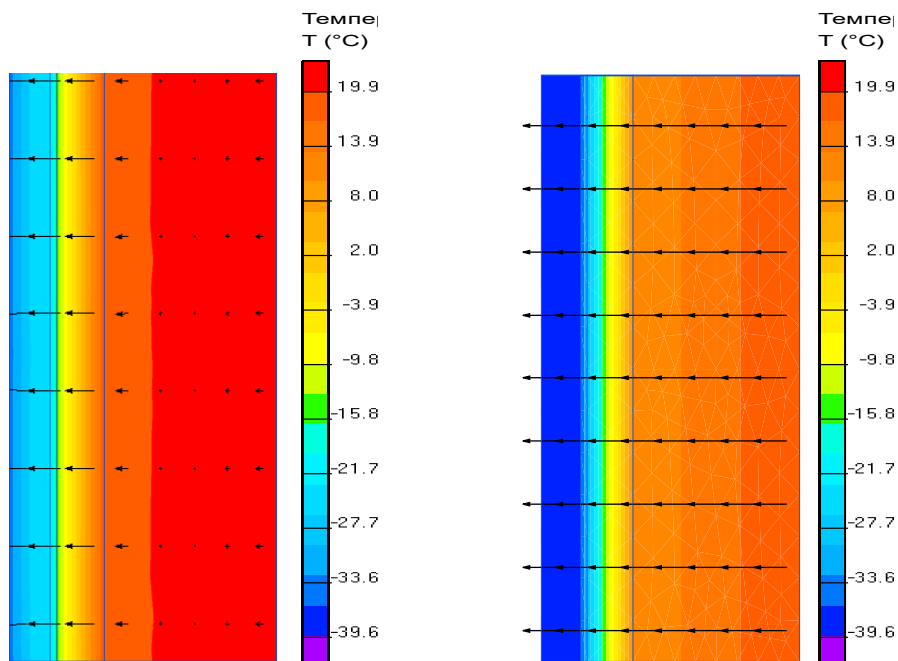


Рисунок 3.3.1 – Результаты расчёта в программном комплексе Elcut с утеплителем Пенополистирол ПСБ-С-М-25.

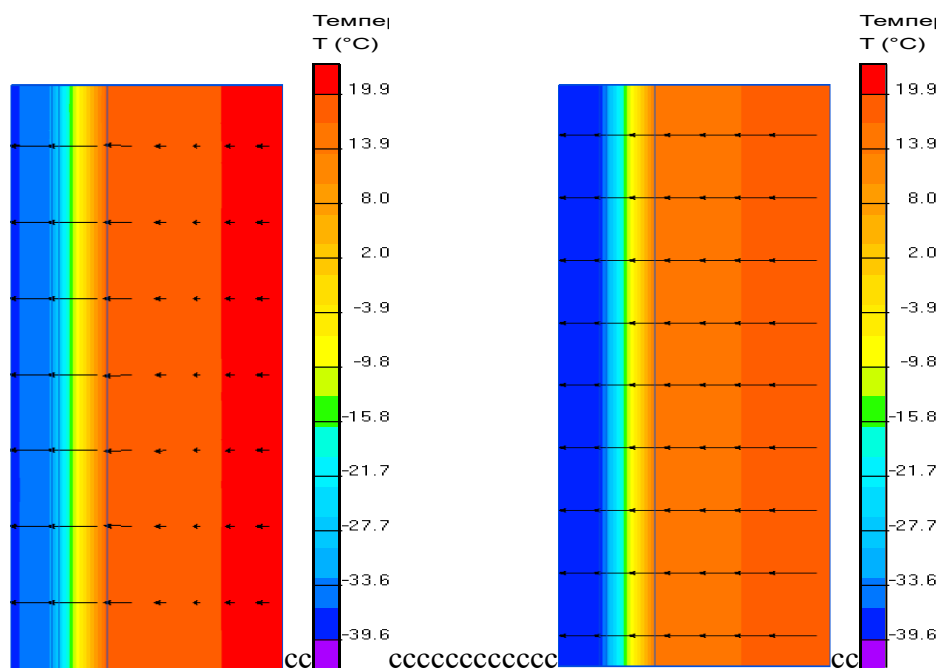


Рисунок 3.3.2 - Результаты расчёта в программном комплексе Elcut с утеплителем Минвата II – 75.

Результаты расчёта в программе Elcut теплового потока и максимальной температуры в здании представлены в таблице 3.2.6.

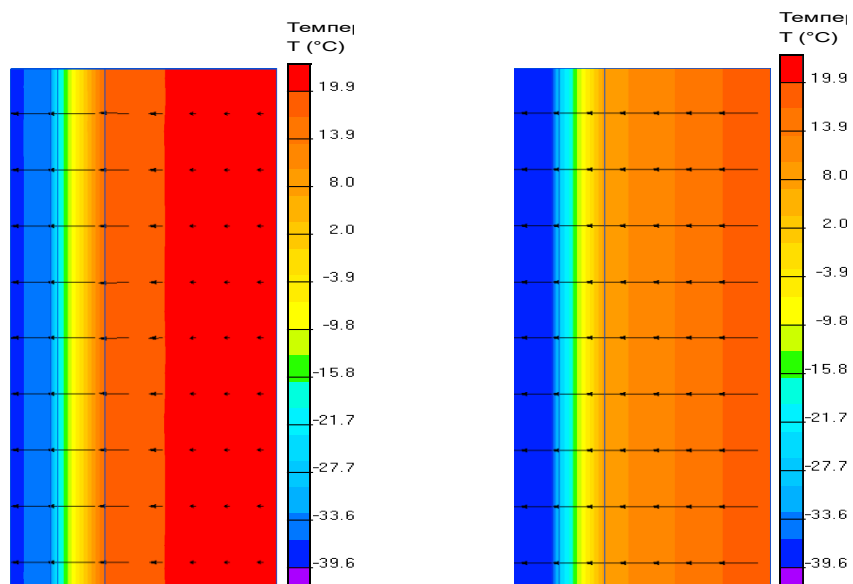


Рисунок 3.3.3 - Результаты расчёта в программном комплексе Elcut с утеплителем Минплита ПТЭ 125.

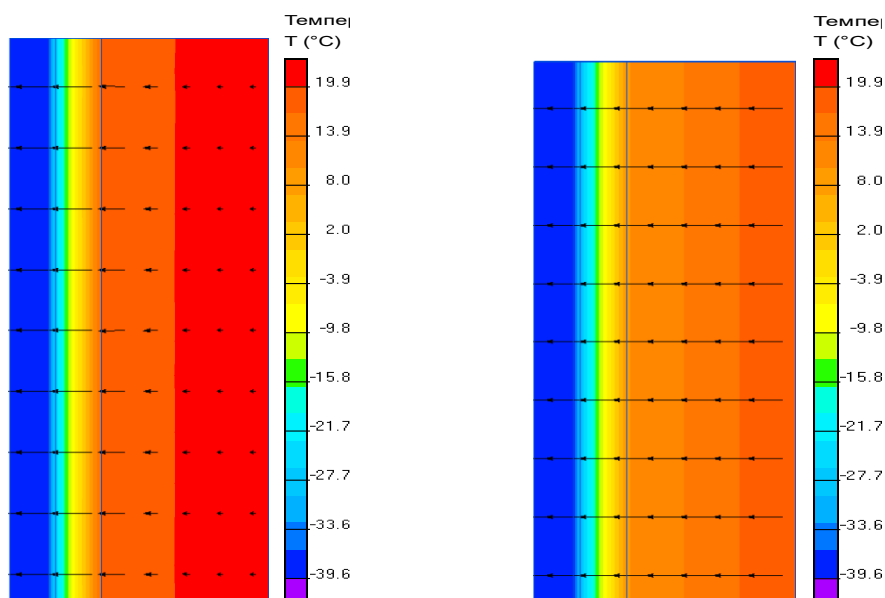


Рисунок 3.3.4 - Результаты расчёта в программном комплексе Elcut с утеплителем Минвата Кнауф

Таблица 3.3.1 – Результаты расчёта в программе Elcut.

| № п/п | Наименование утеплителя в конструкции стены | Тепловой поток, Вт | Максимальная температура в здании |
|-------|---|--------------------|-----------------------------------|
| 1 | Пенополистирол ПСБ-С-М-25 | 11,58 | 19,6 |
| 2 | Минвата П – 75 | 12,5 | 19,4 |
| 3 | Минплита ПТЭ 125 | 13,2 | 19,3 |
| 4 | Минвата Кнауф | 12,5 | 19,5 |

ГЛАВА 4. Экономическая оценка эффективности вариантов утеплителей в многослойных ограждающих конструкциях стен

Экономическую целесообразность теплозащиты следует оценивать по выполнению двух условий [44].

Первое условие экономической целесообразности при выборе эффективного утеплителя должно удовлетворять неравенству:

$$C_m \lambda_m \leq 24 c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_1 D_d n / (R_{\text{норм}} R_0^*) \quad (4.1)$$

Где $C_m \lambda_m$ - параметр теплоизоляционного материала, определяющий стоимость единицы термического сопротивления теплоизоляционного слоя площадью 1 м^2 , (руб/м²)/(м² * °С/Вт).

C_m – стоимость теплоизоляционного материала, руб/м³

λ_m – коэффициент теплопроводности материала Вт/(м * °С)

c_e - тарифная стоимость тепловой энергии от выбранного источника теплоснабжения, руб/Вт * ч

$f_{(F)}$ - функция влияния относительной площади ребрения для трехслойных бетонных конструкций с ребрами и теплоизоляционными вкладышами;

$f_{(r)}$ - функция влияния теплотехнической неоднородности многослойной конструкции;

α_1 - коэффициент дисконтирования эксплуатационных издержек, лет;

D_d – градусо-сутки отопительного периода, °С * сут

n – коэффициент положения наружной поверхности принимаем равным 1, согласно [1, ф.(5.3)]

$R_{\text{норм}}$ - нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции, определяемое согласно [1], м² * °С/Вт

R_0^* - сопротивление теплопередаче той же конструкции без теплоизоляционного слоя, м² * °С/Вт.

Численные значения $f_{(F)}$, $f_{(r)}$, α_1 принимаем по формулам:

$$f_{(F)} = (1 - F_p/F)^{-1} \quad (4.2)$$

Где F_p/F - отношение площади, занимаемой ребрами, к площади

поверхности конструкции (без учета оконных проемов); $f_{(F)} = 1$, так как в расчёте рассматриваются конструкции без оребрения [44].

$$f_{(r)} = r(R_{\text{норм}} - R_0^*) / (R_{\text{норм}} - rR_0^*) \quad (4.3)$$

где $R_{\text{норм}}$ и R_0^* — те же, что и в формуле (4.1); r — коэффициент теплотехнической однородности, который принимается в данном расчёте 0,92.

$$\alpha_1 = [1 - (1 + E)^{-T}] / E, \quad (4.4)$$

Где E — норма дисконта, выбираемая заказчиком (за отсутствием данных принимается равной $0,08 \text{ год}^{-1}$, согласно [44])

T — нормативный срок службы ограждающей конструкции здания, лет

Второе условие экономической целесообразности при выборе эффективного утеплителя должно удовлетворять неравенству:

$$C_m \lambda_m \leq 24 c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_2 D_d n / (R_{\text{норм}} R_0^*) \quad (4.5)$$

Где α_2 — коэффициент, который определяется по формуле:

$$\alpha_2 = [1 - (1 + E)^{-(1+1/E)}] / E, \quad (4.6)$$

$\lambda_m, c_e, C_m, f_{(F)}, f_{(r)}, R_{\text{норм}}, R_0^*, n, D_d$ — те же, что и в формуле (4.1)

Утеплители, удовлетворяющие неравенствам (4.1) и (4.5) обеспечивают экономическую целесообразность применения в качестве теплозащиты. При этом приоритет следует отдавать материалам с наименьшим значением $C_m \lambda_m$ как обеспечивающим максимальную величину чистого дисконтированного дохода в данных условиях.

Теплоизоляционные материалы, удовлетворяющие только первому условию, обеспечивают относительную экономическую целесообразность. Их использование рекомендуется только по согласованию с заказчиком.

Использование для теплозащиты зданий теплоизоляционных материалов, не удовлетворяющих условиям экономической целесообразности, не рекомендуется.

4.1 Проведение расчётов экономической эффективности популярных утеплителей

Стоимость утеплителей за 1м куб., экономическая эффективность которых рассчитывается в данном разделе, представлены в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 – Стоимость утеплителей

| Материал | Стоимость руб. за 1м.куб. |
|---------------------------|---------------------------|
| минплита ПТЭ 125 | 2600 |
| Пенополистирол ПСБ-С-М-25 | 2254 |
| минвата П - 75 | 5915 |
| минвата Кнауф | 4445 |

Вариант 1. Расчёт экономической оценки целесообразности утепления многослойных ограждающих конструкций стен минплитой ПТЭ 125.

Исходные данные:

толщина основного конструктивного слоя стены $\delta_1 = 0,51\text{м}$;

толщина наружного облицовочного слоя $\delta_2 = 0,12\text{м}$;

коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,92$;

нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче $R_{\text{норм}} = 3,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

район строительства — г. Абакан,

$D_d = 6221,7\text{°C} \cdot \text{сут}$;

тарифная стоимость тепловой энергии $c_e = 145 \cdot 10^{-6} \text{ руб}/\text{Вт} \cdot \text{ч}$ [60];

нормативный срок службы конструкции $T = 50$ лет;

норма дисконта, выбранная заказчиком, $E = 0,08 \text{ год}^{-1}$.

Порядок расчёта:

1) Определяем суммарное сопротивление теплопередаче стены без теплоизоляционного слоя.

$$R_0^* = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,56} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,12}{0,56} + \frac{1}{23} = 1,42 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

2) Определяем значение функций влияния внутреннего оребрения и теплотехнической однородности конструкции.

$$f_{(F)} = (1 - F_p/F)^{-1} = 1; [44]$$

$$f_{(r)} = r(R_{норм} - R_0^*) / (R_{норм} - rR_0^*) = 0,92(3,58 - 1,42) / (3,58 - 0,92 * 1,42) = 0,87$$

3) Рассчитываем значения коэффициентов дисконтирования.

$$\alpha_1 = [1 - (1 + E)^{-T}] / E = [1 - (1 + 0,08)^{-50}] / 0,08 = 12,23 \text{ лет};$$

$$\alpha_2 = [1 - (1 + E)^{-(1+1/E)}] / E = [1 - (1 + 0,08)^{-(1+1/0,08)}] / 0,08 = 8,08 \text{ лет}.$$

4) Определяем условия экономической целесообразности по формулам (4.1) и (4.5).

Для первого условия:

$$C_m \lambda_m = 31,7 \text{ (руб/м}^2\text{)} / (\text{м}^2 * \text{°С/Вт})$$

$$\frac{24c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_1 D_d n}{R_{норм} R_0^*} = 24 * 145 * 10^{-6} * 1 * 0,87 * 12,23 * 6221,7 * 1 / (3,58 * 1,42) \\ = 45,32 \text{ (руб/м}^2\text{)} / (\text{м}^2 * \text{°С/Вт})$$

$$19 < 45,32 \Rightarrow \text{условие выполнено.}$$

Для второго условия:

$$C_m \lambda_m = 31,7 \text{ (руб/м}^2\text{)} / (\text{м}^2 * \text{°С/Вт})$$

$$\frac{24c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_2 D_d n}{(R_{норм} R_0^*)} \\ = 24 * 145 * 10^{-6} * 1 * 0,87 * 8,08 * 6221,7 * 1 / (3,58 * 1,42) \\ = 29,96 \text{ (руб/м}^2\text{)} / (\text{м}^2 * \text{°С/Вт})$$

$$31,7 > 29,96 \Rightarrow \text{условие не выполнено.}$$

Неравенство (4.1) выполнено, неравенство (4.5) не выполнено, следовательно утеплитель обеспечивает относительную экономическую целесообразность применения в качестве утеплителя для многослойных ограждающих конструкций стен. Использование данного утеплителя рекомендовано только в случае согласования с заказчиком.

Вариант 2. Расчёт экономической оценки целесообразности утепления многослойных ограждающих конструкций стен Пенополистиролом ПСБ-С-М-25.

Исходные данные:

толщина основного конструктивного слоя стены $\delta_1 = 0,51\text{м}$;

толщина наружного облицовочного слоя $\delta_2 = 0,12\text{м}$;

коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,92$;

нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче $R_{\text{норм}} = 3,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

район строительства — г. Абакан,

$D_d = 6221,7\text{°C} \cdot \text{сут}$;

тарифная стоимость тепловой энергии $c_e = 145 \cdot 10^{-6} \text{ руб}/\text{Вт} \cdot \text{ч}$ [60];

нормативный срок службы конструкции $T = 50$ лет;

норма дисконта, выбранная заказчиком, $E = 0,08 \text{ год}^{-1}$.

Порядок расчёта:

1) Определяем суммарное сопротивление теплопередаче стены без теплоизоляционного слоя.

$$R_0^* = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,56} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,12}{0,56} + \frac{1}{23} = 1,42 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$$

2) Определяем значение функций влияния внутреннего оребрения и теплотехнической однородности конструкции.

$$f_{(F)} = (1 - F_p/F)^{-1} = 1; [44]$$

$$f_{(r)} = r(R_{\text{норм}} - R_0^*)/(R_{\text{норм}} - rR_0^*) = 0,92(3,58 - 1,42)/(3,58 - 0,92 \cdot 1,42) = 0,87$$

3) Рассчитываем значения коэффициентов дисконтирования.

$$\alpha_1 = [1 - (1 + E)^{-T}]/E = [1 - (1 + 0,08)^{-50}]/0,08 = 12,23 \text{ лет};$$

$$\alpha_2 = [1 - (1 + E)^{-(1+1/E)}]/E = [1 - (1 + 0,08)^{-(1+1/0,08)}]/0,08 = 8,08 \text{ лет}.$$

4) Определяем условия экономической целесообразности по формулам (4.1) и (4.5).

Для первого условия:

$$C_m \lambda_m = 43,1 \text{ (руб}/\text{м}^2)/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт})$$

$$24c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_1 D_d n / (R_{\text{норм}} R_0^*) = 24 * 145 * 10^{-6} * 1 * 0,87 * 12,23 * 6221,7 * 1 / (3,58 * 1,42) = 45,32 (\text{руб}/\text{м}^2) / (\text{м}^2 * \text{°C}/\text{Вт})$$

$43,1 \leq 45,32 \Rightarrow$ условие выполнено.

Для второго условия:

$$C_m \lambda_m = 43,1 (\text{руб}/\text{м}^2) / (\text{м}^2 * \text{°C}/\text{Вт})$$

$$\begin{aligned} & 24c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_2 D_d n / (R_{\text{норм}} R_0^*) \\ &= 24 * 145 * 10^{-6} * 1 * 0,87 * 8,08 * 6221,7 * 1 / (3,58 * 1,42) \\ &= 29,96 (\text{руб}/\text{м}^2) / (\text{м}^2 * \text{°C}/\text{Вт}) \end{aligned}$$

$43,1 > 29,96 \Rightarrow$ условие не выполнено.

Неравенство (4.1) выполнено, неравенство (4.5) не выполнено, следовательно утеплитель обеспечивает относительную экономическую целесообразность применения в качестве утеплителя для многослойных ограждающих конструкций стен. Использование данного утеплителя рекомендовано только в случае согласования с заказчиком.

Вариант 3. Расчёт экономической оценки целесообразности утепления многослойных ограждающих конструкций стен минватой П-75.

Исходные данные:

толщина основного конструктивного слоя стены $\delta_1 = 0,51\text{м}$;

толщина наружного облицовочного слоя $\delta_2 = 0,12\text{м}$;

коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,92$;

нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче $R_{\text{норм}} = 3,58 \text{ м}^2 * \text{°C}/\text{Вт}$

район строительства — г. Абакан,

$D_d = 6221,7 \text{°C} * \text{сут}$;

тарифная стоимость тепловой энергии $c_e = 145 * 10^{-6} \text{ руб}/\text{Вт} * \text{ч}$ [60];

нормативный срок службы конструкции $T = 50$ лет;

норма дисконта, выбранная заказчиком, $E = 0,08 \text{ год}^{-1}$.

Порядок расчёта:

1) Определяем суммарное сопротивление теплопередаче стены без теплоизоляционного слоя.

$$R_0^* = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,56} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,12}{0,56} + \frac{1}{23} = 1,42 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

2) Определяем значение функций влияния внутреннего оребрения и теплотехнической однородности конструкции.

$$f_{(F)} = (1 - F_p/F)^{-1} = 1 ; [44]$$

$$f_{(r)} = r(R_{норм} - R_0^*)/(R_{норм} - rR_0^*) = 0,92(3,58 - 1,42)/(3,58 - 0,92 * 1,42) = 0,87$$

3) Рассчитываем значения коэффициентов дисконтирования.

$$\alpha_1 = [1 - (1 + E)^{-T}]/E = [1 - (1 + 0,08)^{-50}]/0,08 = 12,23 \text{ лет};$$

$$\alpha_2 = [1 - (1 + E)^{-(1+1/E)}]/E = [1 - (1 + 0,08)^{-(1+1/0,08)}]/0,08 = 8,08 \text{ лет.}$$

4) Определяем условия экономической целесообразности по формулам (4.1) и (4.5).

Для первого условия:

$$\begin{aligned} C_m \lambda_m &= 20,3 \text{ (руб/м}^2\text{)}/(\text{м}^2 * \text{°C/Вт}) \\ &\frac{24c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_1 D_d n}{R_{норм} R_0^*} \\ &= 24 * 145 * 10^{-6} * 1 * 0,87 * 12,23 * 6221,7 * 1/(3,58 * 1,42) \\ &= 45,32 \text{ (руб/м}^2\text{)}/(\text{м}^2 * \text{°C/Вт}) \\ &20,3 < 45,32 \Rightarrow \text{условие выполнено.} \end{aligned}$$

Для второго условия:

$$\begin{aligned} C_m \lambda_m &= 20,3 \text{ (руб/м}^2\text{)}/(\text{м}^2 * \text{°C/Вт}) \\ &\frac{24c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_2 D_d n}{R_{норм} R_0^*} \\ &= 24 * 145 * 10^{-6} * 1 * 0,87 * 8,08 * 6221,7 * 1/(3,58 * 1,42) \\ &= 29,96 \text{ (руб/м}^2\text{)}/(\text{м}^2 * \text{°C/Вт}) \\ &20,3 < 29,96 \Rightarrow \text{условие выполнено.} \end{aligned}$$

Неравенства (4.1) и (4.5) выполнены, следовательно утеплитель обеспечивает полную экономическую целесообразность применения в качестве утеплителя для многослойных ограждающих конструкций стен.

Вариант 4. Расчёт экономической оценки целесообразности утепления многослойных ограждающих конструкций стен минватой Кнауф.

Исходные данные:

толщина основного конструктивного слоя стены $\delta_1 = 0,51\text{м}$;

толщина наружного облицовочного слоя $\delta_2 = 0,12\text{м}$;

коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,92$;

нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче $R_{\text{норм}} = 3,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

район строительства — г. Абакан,

$D_d = 6221,7\text{°C} \cdot \text{сут}$;

тарифная стоимость тепловой энергии $c_e = 145 \cdot 10^{-6} \text{ руб}/\text{Вт} \cdot \text{ч}$ [60];

нормативный срок службы конструкции $T = 50$ лет;

норма дисконта, выбранная заказчиком, $E = 0,08 \text{ год}^{-1}$.

Порядок расчёта:

1) Определяем суммарное сопротивление теплопередаче стены без теплоизоляционного слоя.

$$R_0^* = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,56} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,12}{0,56} + \frac{1}{23} = 1,42 \text{ м}^2\text{°C}/\text{Вт}$$

2) Определяем значение функций влияния внутреннего оребрения и теплотехнической однородности конструкции.

$$f_{(F)} = (1 - F_p/F)^{-1} = 1 ; [44]$$

$$f_{(r)} = r(R_{\text{норм}} - R_0^*)/(R_{\text{норм}} - rR_0^*) = 0,92(3,58 - 1,42)/(3,58 - 0,92 \cdot 1,42) = 0,87$$

3) Рассчитываем значения коэффициентов дисконтирования.

$$\alpha_1 = [1 - (1 + E)^{-T}]/E = [1 - (1 + 0,08)^{-50}]/0,08 = 12,23 \text{ лет};$$

$$\alpha_2 = [1 - (1 + E)^{-(1+1/E)}]/E = [1 - (1 + 0,08)^{-(1+1/0,08)}]/0,08 = 8,08 \text{ лет}.$$

4) Определяем условия экономической целесообразности по формулам (4.1) и (4.5).

Для первого условия:

$$C_m \lambda_m = 44,2 \text{ (руб}/\text{м}^2)/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт})$$

$$24c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_1 D_d n / (R_{\text{норм}} R_0^*)$$

$$= 24 * 145 * 10^{-6} * 1 * 0,87 * 12,23 * 6221,7 * 1 / (3,58 * 1,42)$$

$$= 45,32 (\text{руб}/\text{м}^2) / (\text{м}^2 * \text{°C}/\text{Вт})$$

44,2 < 45,32 => условие выполнено.

Для второго условия:

$$C_m \lambda_m = 37614 * 0,022 = 827,5 (\text{руб}/\text{м}^2) / (\text{м}^2 * \text{°C}/\text{Вт})$$

$$24c_e f_{(F)} f_{(r)} \alpha_2 D_d n / (R_{\text{норм}} R_0^*)$$

$$= 24 * 145 * 10^{-6} * 1 * 0,87 * 8,08 * 6221,7 * 1 / (3,58 * 1,42)$$

$$= 29,96 (\text{руб}/\text{м}^2) / (\text{м}^2 * \text{°C}/\text{Вт})$$

44,2 > 29,96 => условие не выполнено.

Неравенства (4.1) выполнено, неравенство (4.5) не выполнено, следовательно утеплитель обеспечивает относительную экономическую целесообразность применения в качестве утеплителя для многослойных ограждающих конструкций стен. Использование данного утеплителя рекомендовано только в случае согласования с заказчиком.

Результаты расчёта экономической эффективности теплоизоляционных материалов отражены в таблице 4.1.2

Таблица 4.1.2 - Экономическая целесообразность выбора эффективного утеплителя для многослойных ограждающих конструкций стен зданий.

| № п/п | Наименование утеплителя | C_m (руб/м ³) | λ_m (по усл. А) (Вт/м*°С) | $f(F)$ | $f(r)$ | c_e , (руб/Вт*ч) | D_d , °С*сут | $R_{\text{норм}}$ | R_0^* | r | α_1 | α_2 | Усл 1 | Усл 2 | $C_m \lambda_m$ | n |
|-------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------------------|----------------|-------------------|---------|------|------------|------------|-------|-------|-----------------|-----|
| 1 | миншита ПТЭ 125 | 2600 | 0,035 | 1 | 0,87 | 1,45 | 6221,7 | 3,58 | 1,42 | 0,92 | 12,23 | 8,08 | 45,32 | 29,96 | 31,7 | 1 |
| 2 | Пенополистирол ПСБ-С-М-25 | 2254 | 0,038 | 1 | 0,87 | 1,45 | 6221,7 | 3,58 | 1,42 | 0,92 | 12,23 | 8,08 | 45,32 | 29,96 | 43,1 | 1 |
| 3 | минвата П - 75 | 5915 | 0,047 | 1 | 0,87 | 1,45 | 6221,7 | 3,58 | 1,42 | 0,92 | 12,23 | 8,08 | 45,32 | 29,96 | 20,3 | 1 |
| 4 | минвата Кнауф | 4445 | 0,036 | 1 | 0,87 | 1,45 | 6221,7 | 3,58 | 1,42 | 0,92 | 12,23 | 8,08 | 45,32 | 29,96 | 44,2 | 1 |

По результатам расчётов можно заметить, что минвата П – 75 полностью удовлетворяет обоим условиям и обеспечивает полную экономическую

целесообразность применения в качестве утеплителя для ограждающих конструкций стен. Остальные варианты утеплителей обеспечивают относительную экономическую целесообразность и рекомендованы к применению только в случае согласования с заказчиком.

Выводы по четвёртой главе:

Посредством расчёта установлено, что из всего большинства выбранных для расчёта утеплителей минвата П – 75 обеспечивает полную экономическую целесообразность применения в качестве утеплителя для многослойных ограждающих конструкций стен. Остальные варианты утеплителей обеспечивают относительную экономическую целесообразность и рекомендованы к применению только в случае согласования с заказчиком.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 23-02-2003 СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ [Электронный ресурс]. – Введ. 01-10-2003 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200035109?marker=7D20K3>
2. Лесникова Е. И. Целесообразность применения пеностекла в технологии утепления фасадов зданий // Молодежь в науке: Новые аргументы. – 2016. – С. 111-123.
3. Голубятникова И. Н. Эковата-как самый экологичный материал для утепления // Вестник магистратуры. – 2019. – №. 6-2 (93). – С. 86-89
4. ГРАФСКАЯ Т. О., КРАСИНА И. В., РАЗМАТОВА И. А. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН // Молодежь и наука: шаг к успеху. – 2020. – С. 54-56.
5. Байгильдин, А. А. Сравнительный анализ самых популярных утеплителей в строительстве / А. А. Байгильдин, А. А. Микрюкова, И. А. Чурина // Фотинские чтения. – 2018. – № 1(9). – С. 200-207. – EDN YWWKHL.
6. КРЕСТЬЯННИКОВ А. Э. УТЕПЛИТЕЛЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ // Наука молодых-будущее России. – 2022. – С. 421-423.
7. Болотин А. В. и др. Производство теплоизоляционного материала на основе вулканического пепла месторождений Примагаданья // Construction and Geotechnics. – 2019. – Т. 10. – №. 4. – С. 78-91.
8. Набока, А. А. Подбор утеплителя для каркасного строительства, отвечающего параметрам энергоэффективности, экологичности, безопасности и экономичности / А. А. Набока, М. А. Милютин // Ростовский научный журнал. – 2017. – № 4. – С. 266-278. – EDN YKPMVR.
9. Кочерженко А. В., Марушко М. В., Рябчевский И. С. Пенополиуретановая теплоизоляция с улучшенными эксплуатационными свойствами // Научные технологии и инновации. – 2019. – С. 84-88.
10. Игохина, Е. О. Сравнительный анализ самых популярных утеплителей в строительстве / Е. О. Игохина // Экология и строительство. – 2016. – № 1. – С. 7-11. – EDN WBFSXF.
11. Петрищев, А. В. Применение энергоэффективных утеплителей в строительстве / А. В. Петрищев // Молодежь и системная модернизация страны : Сборник научных статей 7-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 5-ти томах, Курск, 19–20 мая 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 229-232. – EDN WMYGFC.
12. Агафонова, Д. А. Снижение теплопотерь как основное направление повышения энергоэффективности здания / Д. А. Агафонова, А. Ф.
13. Галяутдинова, Д. М. Анализ основных характеристик экструдированного пенополистирола / Д. М. Галяутдинова, Г. Н. Рязанова // Технологии и техника: пути инновационного развития : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Воронеж, 09 июня 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 183-186. –

EDN ILMFVO.

14. Аралов, Р. С. Анализ современных утеплителей наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений / Р. С. Аралов, А. Р. Старостин // Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. – 2017. – Т. 12, № 4-5(6). – С. 18-21. – EDN ZXHAZT.
15. Коженко, Н. В. Обзор современных теплоизоляционных материалов и лидирующих производителей утеплителей / Н. В. Коженко, Р. Б. Еременко // Наукосфера. – 2023. – № 2-2. – С. 145-148. – EDN CEOOCQ.
16. Современные наружные утеплители: сравнительный анализ / Е. А. Бердникова, В. Е. Порядная, О. И. Калашникова, Ю. Е. Острякова // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2023. – № 1. – С. 195-197. – EDN PMBEAC.
17. Платицына, А. И. Анализ основных характеристик современных утеплителей / А. И. Платицына, А. А. Раевская, А. О. Быков // НАУКА и ИННОВАЦИИ в XXI ВЕКЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ОТКРЫТИЯ и ДОСТИЖЕНИЯ : сборник статей победителей III Международной научно-практической конференции: в 2 частях, Пенза, 05 апреля 2017 года. Том Часть 1. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 28-31. – EDN YIYQVL.
18. Гулак, Л. И. Недостатки пенополистирола как утеплителя в современном строительстве / Л. И. Гулак, В. В. Авраамов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Материалы межрегиональной научно-практической конференции "Высокие технологии в экологии". – 2011. – № 1. – С. 121-123. – EDN PYDFOD.
19. Серебрякова, В. А. Сравнительный анализ теплоизоляционных материалов используемых в гражданском строительстве / В. А. Серебрякова // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – № 1. – С. 49-55. – EDN NLWNDX.
20. Чередниченко, Т. Ф. Сравнительный анализ температурных режимов многослойной ограждающей конструкции кровли здания в зависимости от положения слоев утеплителя / Т. Ф. Чередниченко, О. Г. Чеснокова, Н. Д. Полухин // Вестник Волгоградского государственного
21. Солонов, Г. Г. Достоинства и недостатки пенополистирола в строительстве / Г. Г. Солонов // ПРОРЫВНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: проблемы, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ : сборник статей XIV Международной научно-практической конференции, Пенза, 27 января 2020 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 271-273. – EDN OTZVAX.
22. Федяев, А. А. Исследование эффективности тепловой защиты зданий / А. А. Федяев, Н. Ю. Федяева // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2022 года, Санкт-Петербург, 06–10 февраля 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2023. – С. 130-135. – EDN MHRXKA.
23. Камчаткина, В. М. Сравнение наиболее используемых утеплителей по

- теплофизическим и экономическим характеристикам / В. М. Камчаткина, Г. В. Бузин // Молодая мысль: наука, технологии, инновации : материалы VII (XIII) Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Братск, 16–20 марта 2015 года. – Братск: Братский государственный университет, 2015. – С. 32-34. – EDN WWZUNH.
24. Кемерова, М. Е. Теплоизоляционные материалы в строительстве: сравнительный анализ / М. Е. Кемерова, А. С. Кутернега // Сборник материалов X Всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "РОССИЯ молодая", Кемерово, 24–27 апреля 2018 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018. – С. 424041-4240410. – EDN XVGAEX.
25. Гурьянов, Н. С. Оценка и обеспечение тепловой надёжности наружных стен эксплуатируемых зданий : специальность 05.23.03 "Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гурьянов Николай Сергеевич. – Нижний Новгород, 2003. – 232 с. – EDN NMKPWH.
26. Иванов М. Ю. Энергоэффективные утеплители в строительстве //Труды братского государственного университета. серия: естественные и инженерные науки-развитию регионов Сибири. – 2012. – №. S. – С. 161-166.
27. Бердюгин Илья Андреевич Теплоизоляционные материалы в строительстве. Каменная вата или стекловолокно: сравнительный анализ // Magazine of Civil Engineering. 2010. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teploizolyatsionnyematerialy-v-stroitelstve-kamennaya-vata-ili-steklovolokno-sravnitelnyy-analiz> (дата обращения: 30.05.2023).
28. Минько Н. И. и др. Пеностекло–современный эффективный неорганический теплоизоляционный материал //Фундаментальные исследования. – 2013. – №. 6-4. – С. 849-854.
29. Карнаухова М. Ю. Анализ применения современных видов утеплителя в технологиях строительного производства //Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2016. – Т. 1. – С. 338-344.
30. Веретюшкина В. С., Юраков Н. С. Использование энергоэффективных строительных материалов в "зеленом строительстве" //Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. ВГ Шухова. – 2017. – С. 1466-1471.
31. Deshmukh G. et al. Thermal insulation materials: A tool for energy conservation //J. Food Process. Technol. – 2017. – Т. 8. – №. 04. – С. 8-11.
32. Чакин Е. Ю. Энергоэффективные теплоизоляционные материалы для ограждающих стеновых конструкций //Инженерные исследования. – 2022. – №. 1 (6). – С. 9.
33. Лючина И. А. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ //ТРАДИЦИОННАЯ И ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ. – 2022. – С. 63-69.
34. Романова М. С., Белкина И. А., Ечкалов А. В. СРАВНЕНИЕ

ЭКОНОМИЧНОСТИ УТЕПЛИТЕЛЕЙ ЗДАНИЙ //Новые экономические исследования. – 2020. – С. 158-162.

35. МИЗЮРЯЕВ С. А., ЖИГУЛИНА А. Ю., ГАНЕЧКИНА К. В. О потребности создания эффективного теплоизоляционного материала для жилищного строительства на основе пеностекольной композиции //Градостроительство и архитектура. – 2016. – №. 2. – С. 10-13.

36. Балабекова А. И., Бубнова С. В. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ //СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ. – 2017. – С. 44-48.

37. Шевцова М. А., Чернеев А. М., Безрук Г. В. Преимущество использования льняных теплоизоляционных плит в коттеджном строительстве //Перспективы науки. – 2020. – №. 11. – С. 267-269.

38. ВЕРЛИНА А. Э., ИСАНОВА А. В. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ //Наука молодых-будущее России. – 2020. – С. 236-239.

39. Болдов С. Е., Борисова И. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ //НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ. – 2021. – С. 68-69.

40. Плотникова С. В. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ С ЭФФЕКТИВНЫМИ УТЕПЛИТЕЛЯМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ //Актуальные вопросы техники, науки, технологии. – 2022. – С. 371-376.

41. Тхазаплизева А. М., Нагоева А. О. Инновации в строительстве: аэрогелевая изоляция //Аллея науки. – 2019. – Т. 1. – №. 2. – С. 201-204.

42. Шаталова А. О., Сверчков И. А. Инновационные теплоизоляционные материалы //Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инновации в строительстве. – 2016. – №. 2. – С. 94-98.

43. СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» [Электронный ресурс]. – Введ. 24-12-2020 // Минстрой России - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/118243/>

44. СП 23-101-2004 СВОД ПРАВИЛ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ [Электронный ресурс]. – Введ. 01-06-2004 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200037434>.

45. ГОСТ 16381 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие требования» [Электронный ресурс]. – Введ. 30-01-1977 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003350>.

46. ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 20 октября 2003 года N 266 ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ "ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ

- ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ. НОРМАТИВЫ ПО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ И ТЕПЛОЗАЩИТЕ" [Электронный ресурс]. – Введ. 20-10-2003 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/444911112>.
47. Власов, О.Е. Основы теории капиллярной диффузии [Текст] / О.Е. Власов. – ЦНИИПС, 1940.
48. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К.Ф. Фокин.- Москва: Стройиздат, 1969.
49. Ильинский, В. М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий) [Текст] / В. М. Ильинский. – М.: Высшая школа, 1974.-320 с.
50. Фокин, К.Ф. Сорбция водяного пара строительными материалами [Текст] / К.Ф. Фокин.- Москва: Стройиздат, 1969.
51. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст] : учеб. Для вузов / В.Н. Богословский // АВОК. –М., 1998. - № 3.
52. Богословский, В.Н., Три аспекта создания здания с эффективным использованием энергии [Текст] / В.Н.Богословский // АВОК. –М., 1998. - №3.
53. Лыков, А.В. Теоретические основы строительной теплофизики [Текст]/ А.В. Лыков.-Минск, 1961.
54. СНиП 21-01-97* СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ [Электронный ресурс]. – Введ. 01-01-1998 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/871001022>.
55. ГОСТ 15588-86 Группа Ж15 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ ПЛИТЫ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫЕ [Электронный ресурс]. – Введ. 01-07-1986 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс» - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901700529>.
56. ТУ 5761-001-00126238-96 Вата минеральная энергетическая и изделия на ее основе [Электронный ресурс]. – Введ. 08-06-1996 // Нормативные базы ГОСТ/СП/СНиП - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294847/4294847860.htm>.
57. Мохова, Н. М. Сравнительный анализ наиболее эффективных теплоизоляционных материалов стен жилых зданий, применяемых в строительстве / Н. М. Мохова, Ю. О. Мокина, О. Л. Симченко // Выставка инноваций - 2021 (весенняя сессия) : Сборник материалов XXXI Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов и XL Научно-технической конференции молодежи АО «ИЭМЗ «Купол», Ижевск, 23 марта – 22 2021 года. – Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2021. – С. 95-99. – EDN VNBADW.
58. ГОСТ 15588-86 Группа Ж15 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ПЛИТЫ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫЕ [Электронный ресурс]. – Введ. 01-07-1986 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс» - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901700529>.

59. ГОСТ 7076-99 Группа Ж19 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ СТРОИТЕЛЬНЫЕ [Электронный ресурс]. – Введ. 01-07-1986 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс» - Электронные текстовые дан. - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200005006>.

60. Приказ Госкомтарифэнерго Хакасии от 15.11.2022г №38-т «Об утверждении предельного уровня цены на тепловую энергию (мощность) на территории ценовой зоны теплоснабжения – муниципального образования город Абакан Республики Хакасия на 2023 год и о признании утратившими силу некоторых нормативных правовых актов Республики Хакасия // Единый портал потребителей – СГК : официальный сайт. – 2022. - URL: <https://abakan.sibgenco.services/>

61. Богатин, Ю.В. Инвестиционный анализ: Учебное пособие для вузов / Ю.В. Богатин. - М.: Юнити-Дана, 2000. - 286 с.

62. . Богословский, В.Н. Строительная теплофизика / В.Н. Богословский. - М.: Высш. шк., 1982.-415 с.

63. Богуславский, Л.Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции / Л.Д. Богуславский. - М.: Стройиздат, 1985. - 336 с.

64. Богуславский, Л.Д. Техничко-экономические расчёты при проектировании наружных, ограждающих конструкций зданий / Л.Д. Богуславский. - М.: Изд. "Высш. шк." \ 1969. - 168 с.

65. Богуславский, Л.Д. Экономика теплозащиты зданий / Л.Д. Богуславский. - М.: Изд. лит-ры по строит., 1971. — 112 с.

66. Богуславский, Л.Д. Экономическая эффективность оптимизации уровня теплозащиты зданий / Л.Д. Богуславский. - М.: Стройиздат, 1981. - 102 с.

67. Богуславский, Л.Д. Экономика теплогазоснабжения и вентиляции: Учеб. для вузов / Л.Д. Богуславский. - М.: Стройиздат, 1988. - 351 с.

68. Васильев, Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий / Б.Ф. Васильев. - М.: Гос. издат. лит-ры по строит., 1957. - 210с.

69. Васильев, Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима крупнопанельных жилых зданий / Б.Ф. Васильев. — М.: Изд. литры по строит., 1968.- 120 с.

70. . Матросов, Ю.А. Москва уже сегодня возводит здания с эффективной теплозащитой / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский // АВОК . - 1997. - № 6. - С. 12-14.

71. 95. Матросов, Ю.А. Новые изменения СНиП по строительной теплотехнике / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский // Жилищное строительство. — 1995. — № 10.- С.5-8.

72. 96. Матросов, Ю.А. Нормирование теплотехнических характеристик зданий с эффективным использованием энергии / Ю.А. Матросов, И.Н.

- Бутовский // АВОК. - 1995. - № 5-6. - С. 10 - 11.
73. Матросов, Ю.А. Поэлементное теплотехническое нормирование ограждающих конструкций зданий / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский // Жилищное строительство. - 1995. - № 12. - С. 6 - 10.
74. Матросов, Ю.А. Системное теплотехническое нормирование ограждающей оболочки здания / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский // Жилищное строительство. - 1996. — № 1. — С. 12 — 14.
75. Матросов, Ю.А. Совершенствование нормативной базы по проектированию и строительству зданий с эффективным использованием энергии / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский // АВОК. - 1999. - № 6. - С. 5 - 9.
76. Матросов, Ю.А. Региональное нормирование - стимул повышения энергоэффективности зданий / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский, Д. Гольдштейн // АВОК. - 1997. - № 5. - С. 24 - 29.
77. Матросов, Ю.А. Новые изменения СНиП по строительной теплотехнике / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский, В.В. Тищенко // Жилищное строительство. - 1995. - № 10.-С. 5-8. 86
78. Матросов, Ю.А. Энергосбережение в зданиях / Ю.А. Матросов, В.И. Ливчак, Ю.Б. Щипанов // Энергосбережение. - 1999. - № 2. - С. 3 - 13.
79. Стенин, В.А. Определение тепловых нагрузок в зданиях по укрупнённым показателям при оценке энергоэффективности ограждений / В.А. Стенин // Промышленное и гражданское строительство. - 2000. — № 6. - С. 24 - 25. 167.
- Табунщиков, Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю.А. Табунщиков, Д.Ю. Хромец, Ю.А. Матросов. - М.: Стройиздат, 1986. - 380 с
80. Kornienko S V 2014 Multifactor evaluation of the thermal regime in the elements of the shell of a building Magazine of Civil Engineering Vol 8 (52) pp 25–37
81. Hugo H 2011 Applied Building Physics. Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn p 308
82. Janssen H A 2013 Assessment of temperature gradient effects on moisture transfer through thermogradient coefficient Building Simulation Vol 6 pp 103–108
83. Wang X. et al. Review on thermal performance of phase change energy storage building envelope //Chinese science bulletin. – 2009. – Т. 54. – №. 6. – С. 920-928.
84. 1. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. – М.: НИИСФ РААСН, 2004. – 332 с.
85. 2. Ананьев А.И., Лобов О.И., Можаяев В.П., Вязовченко П.А. Фактическая и прогнозируемая долговечность пенополистирольных плит в наружных ограждающих конструкциях зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2003. – № 10. – С. 16-17, № 11. – С. 14-15.
86. 3. Ишук М.К. Российский опыт возведения наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки // Технологии строительства. – 2009. – № 2. – С. 28-37.
87. 4. Ишук М.К. Дефекты наружных стен из многослойной кладки // Интеграл. – 2001. – № 1. – С. 20-22.
88. 8.Ананьев, А.И. Состояние нормативной базы по проектированию

- долговечных энергоэкономических зданий / А.И. Ананьев // Жилищное строительство. - 1998. - № 4. — С. 11 - 15.
89. 9. Бабенков, В.И. Использование тепловидения в строительстве / В.И. Бабенков, И.Л. Дунин, В.В. Иванов, Е.Е. Кужненко // Изв. вузов. Строительство. - 1992. - № 1. - С. 80 - 84.
90. 10. Бабков, В.В. Несущие наружные трёхслойные стены зданий с повышенной теплозащитой / В.В. Бабков, Г.С. Колесник, А.М. Гайсин // Строительные материалы.-1998.-№6.-С. 16-18.
91. 11. Беляев, В.С. Повышение теплозащиты наружных ограждающих конструкций / В.С. Беляев // Жилищное строительство. - 1998. - № 3. - С. 22 - 26.
92. 12. Беляев, В.С. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий: Учеб. пособие для студ. вузов / В.С. Беляев. — М.: Высш. шк., 1991.-255 с.
93. 13. Бобров, Ю.Л. Долговечность минераловатных плит на синтетических связующих / Ю.Л. Бобров. - М.: Стройиздат, 1975. - 84 с.
94. 14. Бобров, Ю.Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов / Ю.Л. Бобров. - М.: Стройиздат, 1987. - 168 с.
95. 15. Боброва, К.Н. Экономическая эффективность лёгких ограждающих конструкций / К.Н. Боброва, В.Г. Зезин. - М.: Стройиздат, 1976. - 127 с.
96. 18 Богословский, В.Н. Тепловой режим зданий / В.Н. Богословский. — М.: Стройиздат, 1979. - 248 с.
97. 19. Богословский, В.Н. Наружные кирпичные стены из эффективной кладки с повышенными теплозащитными свойствами / В.Н. Богословский, Н.В. Коваленко, А.И. Ананьев // Жилищное строительство. - 1995. — № 3. — С. 17-21. 81
98. 20. Богословский, В.Н. К вопросу об энергетической концепции проектирования зданий / В.Н. Богословский, Ю.А. Матросов, В.А. Могутов, И.Н. Бутовский // Жилищное строительство. - 1992. — № 8. - С. 7 — 10.
99. 37 Васильев, Г.П. Результаты натурных исследований теплового режима экспериментального энергоэффективного дома / Г.П. Васильев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. — 2002. — № 6. - С. 3 - 5.
100. 38. Николаев, В.П. Введение в рыночную экономику строительства / В.П. Николаев. - К.: Бушвельник, 1991. - 88 с.
101. 39. ВСН 58-88 (р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания жилых зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. - М.: Изд. Госкомархитектуры, 1983. - С. 15 — 46.
102. 40. затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий в различных странах / В.Г. Гагарин // Проблемы строительной теплофизики систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях: Сб. докл. - М., 2001. - С. 43 - 63.
103. 41. Гаевой, А.Ф. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона / А.Ф. Гаевой, Б.А. Качура. — Харьков: Изд. объедин. «Вища школа», 1978. - 224 с.
104. 42. Глинкин, С.М. Энергоэффективные конструкции стен с

- минераловатной теплоизоляцией / С.М. Глинкин, В.Н. Андреев, А.Г. Хуснимарданова // Промышленное и гражданское строительство. - 2000. - № 5. - С. 46 - 47. .
105. 43. ГОСТ 25380-82 (1987). Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции. - М.: Изд-во стандартов, 1987. - 9 с.
106. 44. ГОСТ 26602.1-99. Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче. - М.: Изд-во стандартов, 2000. - 16 с.
107. 45. ГОСТ 26254-84 (1994). Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. - М.: Стройиздат, 1994. - 34 с.
108. 46. ГОСТ 26629-85. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. - М.: Стройиздат, 1985. — 9 с.
109. 47. Граник, Ю.Г. Теплоэффективные ограждающие конструкции жилых и гражданских зданий / Ю.Г. Граник // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. - 1999. - № 5. — С. 26 - 27.
110. 48. Григорьев, Р.С. Методы повышения работоспособности техники в северном исполнении / Р.С. Григорьев, В.П. Ларионов, Ю.С. Уржумцев. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1967. — 252 с.
111. 49. Гришкова, А.В. К вопросу о проблеме оценки экономической эффективности долгосрочных инвестиционных проектов / А.В. Гришкова, Б.М. Красовский, Т.Н. Белоглазова и др. // Изв. вузов. Строительство. - 2002.-№ 1-2.- С. 61-62.
112. 50. Гурьев, В.В. Влияние некоторых параметров пористоволокнистых утеплителей на экономичность теплозащиты зданий / В.В. Гурьев, С.П. Хайнер, А.Н. Дмитриев и др. // Промышленное и гражданское строительство. - 1998. - № 5. - С. 53 - 55. 83
113. 51. Гурьянов, Н.С. Способ оценки фактической величины приведённого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий / Н.С. Гурьянов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.-2002.-№ 12.-С. 20-21.
114. 52. Дмитриев, П.А. Современные тенденции и принципы проектирования стеновых ограждающих конструкций малоэтажных жилых зданий / П.А. Дмитриев, Р.Б. Орлович // Изв. вузов. Строительство. - 1998. - № 1. — С. 4 - 11.
115. 53. Дмитриев, П.А. Зарубежный опыт модернизации крупнопанельных зданий / П.А. Дмитриев, Р.Б. Орлович, Э. Шафранко // Изв. вузов. Строительство. - 2002.-№ 1-2.-С. 8-12.
116. 54. Елфимов, А.И. Концепция развития производства и рынков стеновых материалов в рамках среднесрочной программы социального и экономического развития Российской Федерации / А.И. Елфимов // Строительные материалы. — 1998. - № 6. - С. 2 - 4.
117. 55. Закарявичус, В. Тёплые стены / В. Закарявичус // Жилищное строительство. - 1996. — № 10.-С. 11-13.
118. 60. Зезин, В.Г. Эффективность применения в строительстве теплоизоляционных материалов / В.Г. Зезин, Л.И. Кирюшечкина. — М.:

Стройиздат, 1974. - 168 с.

119. 61. Зелль, А. Бизнес-план: Инвестиции и финансирование, планирование и оценка проектов / А. Зелль. — М.: Изд. «Ось - 89», 2001. - 240 с.

120. 62. Иванов, В.Н. Особенности обеспечения теплового режима зданий в условиях Восточной Сибири: Дис...канд. техн. наук: 05.23.03 / В.Н. Иванов. - Н. Новгород, 2001. - 161 с.

121. 63. Иванов, Г.С. Дисконтирование при определении эффективности энергосбережения в зданиях / Г.С. Иванов // Жилищное строительство. - 1994. - № 1.-С. 14-17.

122. 64. Иванов, Г.С. Концепция ресурсосбережения при строительстве и эксплуатации жилых зданий / Г.С. Иванов // Жилищное строительство. - 1991.- № 11.-С. 8-11.

123. 65. Иванов, Г.С. Нормирование и рентабельность повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций / Г.С. Иванов // Жилищное строительство. - 1996. - № 9. - С. 11 - 13.

124. 66. Иванов, Г.С. Нормированию теплозащиты зданий здравый смысл и научную основу / Г.С. Иванов // Проблемы строительной теплофизики систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях: Сб. докл. -М., 2001.- С. 131-142.

125. 67. Иванов, Г.С. Об ошибках нормирования уровня теплозащиты ограждающих конструкций / Г.С. Иванов // Жилищное строительство. — 1996. - № 9. - С. 11- 14.

126. 68. Иванов, Г.С. Проблема энергосбережения в зданиях в теплофизическом и экономическом аспектах технического нормирования / Г.С. Иванов, А.Н. Дмитриев // Промышленное и гражданское строительство. - 1998. — № 10. — С. 19-22.

127. 69. Иванов, Г.С. Энергосбережение при реставрации и капитальном ремонте зданий / Г.С. Иванов, А.В. Спиридонов, Д.Ю. Хромец и др. // Жилищное строительство. - 2002. - № 1. - С. 7 - 9.

128. 70. Инструкция по определению эксплуатационных затрат при оценке проектных решений жилых и общественных зданий: СН 547-82 // Госгражданстрой. - М.: Стройиздат, 1983. - 25 с.

129. 71. Инструкция по технико-экономической оценке стеновых и экспериментальных проектов жилых домов и общественных зданий и сооружений: СН 545-82 // Госгражданстрой. — М.: Стройиздат, 1983. — 96 с.

130. 72. Ионин, А.А. Вопросы надёжности систем теплоснабжения в условиях Севера / А.А. Ионин, И.В. Мещанинов // ВиСТ. - 1988. - № 5. - С. 14.

131. 73. Каменский, М.Ф. Конференция по проблемам крупнопанельного жилого фонда (Московские проблемы и опыт зарубежных коллег) / М.Ф. Каменский // Жилищное строительство. - 1998. - № 3. - С. 28 - 29.

132. 74. Карауш, С.А. Проблемы обеспечения качества микроклимата в помещениях жилых зданий на этапе проектирования для условий сурового климата / С.А. Карауш, В.Ю. Чернета, А.Н. Прытков и др. // Изв. вузов. Строительство. - 2001. - № 9 - 10. - С. 87 - 90.

133. 75. Катаева, Л.И. Концепция нормирования энергосбережения при

- проектировании, реконструкции и эксплуатации жилых зданий / Л.И. Катаева, С.В. Брух, А.Г. Катаев // Промышленное и гражданское строительство. - 2000. - № 6. - С. 26 - 28.
134. 76. Колотилкин, Б.М. Надёжность функционирования жилых зданий / Б.М. Колотилкин. - М: Стройиздат, 1989. - 376 с.
135. 77. Кондратов, В.Я. К вопросу совершенствования расчёта ограждающих конструкций / В.Я. Кондратов // Жилищное строительство. - 1997. — № 3. — С. 8-10.
136. 78. Кондратов, В.Я. Оценка методов расчёта сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / В.Я. Кондратов // Жилищное строительство. - 2001.-№8.-С. 13-16.
137. 79. Кононович, Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки / Ю.В. Кононович. - М.: Стройиздат, 1986. - 157 с.
138. 80. Костров, А.И. Результаты натурных испытаний панельных зданий в Арктике. Совершенствование крупнопанельного домостроения в районах распространения вечномёрзлых грунтов и сурового климата / А.И. Костров, Ю.М. Маков. - Красноярск, 1969. - С. 91 - 103.
139. 81. Кох, П.И. Климат и надёжность машин / П.И. Кох. - М.: Машиностроение, 1981.- 175 с.
140. 82. Крутиков, П.Г. Современные инженерные системы зданий / П.Г. Крутиков // АВОК. - 2000. - № 5. - С. 82 - 86.
141. 83. Кулачков, В.Н. Комплексный подход к энергосбережению в строительстве / В.Н. Кулачков // Строительные материалы. — 2000. — № 8. - С. 14 — 15. 85
142. 84. Кылатчанов, А.П. Вентиляционные процессы в зданиях / А.П. Кылатчанов. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд — ние, 1990. - 224 с.
143. 85. Ливчак, В.И. Энергоэффективные здания — в московское массовое строительство / В.И. Ливчак // АВОК. - 1999. - № 1. - С. 13 - 20.
144. 86. Ливчак, В.И. О нормировании тепловой защиты жилых зданий / В.И. Ливчак, А.Н. Дмитриев // АВОК. - 1997. - № 3. - С. 16 - 18.
145. 87. Лицкевич, В.К. Учёт климатических условий при проектировании жилых зданий в различных районах СССР / В.К. Лицкевич. - М.: Стройиздат, 1975. - 116 с.
146. 90. Лобов, О.И. В защиту отечественного строительства и промышленности строительных материалов / О.И. Лобов, А.И. Ананьев, П.А. Вязовченко и др. // Строительство и Бизнес. — 2001. - № 4(8).
147. 91. Маклакова, Т.Г. Физико-технические свойства конструкций крупнопанельных жилых зданий / Т.Г. Маклакова. - М.: Изд. лит-ры по строит., 1966.- 139 с.
148. 92. Маков, Ю.М. Натурные исследования ограждающих конструкций зданий. Вопросы строительства жилых и общественных зданий в условиях первой климатической зоны / Ю.М. Маков, А.И. Костров. - Л.: ЛенЗНИИЭП, 1972. - С. 24 - 45.
149. 137. Рекитар, Я.А. Инвестиции в российскую экономику: временное конъюнктурное оживление или начало устойчивого роста? / Я.А. Рекитар //

- Экономика строительства. - 2000. - № 8. - С. 2 — 15.
150. 138. Рекитар, Я.А. Рынок строительных материалов и проблемы привлечения иностранных инвестиций / Я.А. Рекитар // Строительные материалы. — 2000. - № 1.-С. 19-20.
151. 176. Korniyenko S V, Vatin N I and Gorshkov A S 2016 Thermophysical field testing of residential buildings made of autoclaved aerated concrete blocks Magazine of Civil Engineering Vol 4 pp 10–25
152. 177. Vasilyev G P, Lichman V A, Yurchenko I A and Kolesova M V 2016 Method of evaluation of thermotechnical uniformity coefficient by analyzing thermograms Magazine of Civil Engineering Vol 6 pp 60–67
153. 178. Samarin O D 2017 Temperature in linear elements of enclosing structures Magazine of Civil Engineering Vol 2 pp 3–10
154. 179. Karaush S A 2006 Mathematical modeling of the thermal state of the basement Review: TSUAB. Vol 2 pp 133–141
155. 180. Guo W, Qiao X, Huang Y, Fang M and Han X 2012 Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone Energy and Buildings Vol 50 pp 196–203
156. 181. Kornienko S V 2014 Multifactor evaluation of the thermal regime in the elements of the shell of a building Magazine of Civil Engineering Vol 8 (52) pp 25–37
157. 182. Hugo H 2011 Applied Building Physics. Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn p 308
158. 101 Матросов, Ю.А. Новые изменения СНиП по строительной теплотехнике / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский, В.В. Тищенко // Жилищное строительство. - 1995. - № 10.-С. 5-8.
159. 98 Матросов, Ю.А. Системное теплотехническое нормирование ограждающей оболочки здания / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский // Жилищное строительство. - 1996. — № 1. — С. 12 — 14.
160. 147 Рекомендации по применению эффективных теплоизоляционных материалов в жилищно-гражданском строительстве. — М.: ЦНИИЭЖ жилища, 1984.-31 с.
161. 159 Смирницкий, Н.С. Гигиеническая оценка крупнопанельных жилых домов в Норильске. Строительство на вечномёрзлых грунтах / Н.С. Смирницкий. - Красноярск, 1966. - С. 380 - 392.
162. 113 Мухин, А.И. Энергосберегающий подход при выборе светопрозрачных ограждающих конструкций / А.И. Мухин // Изв. вузов. Строительство. — 2001. -№2-3.-С. 91 -94.
163. Монастырёв, П.В. Нормирование теплозащиты стен зданий / П.В. Монастырёв // Жилищное строительство. - 1997. - № 7. - С. 9 - 10.
164. Паплавкис, Я.М. Предпосылки дальнейшего развития производства и применения ячеистого бетона в современных условиях / Я.М. Паплавкис, П.В. Эвинг, А.И. Селезский и др. // Строительные материалы. - 1996. - № 3. -С. 2- 6.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Энергетический паспорт, составленный на основании проектной документации №ЭП-СРО047-13/2024Д

«Многоквартирный жилой дом средней этажности по ул. Кирова, 175 в г. Абакане»

Адрес объекта: 655001, Республика Хакасия, городской округ Абакан, город Абакан,
улица Кирова, земельный участок 175.

наименование объекта (здания, строения, сооружения), адрес

Класс энергетической эффективности : В

| Параметры | Единица измерения | Значение параметра |
|---|-------------------|--------------------|
| 1. Параметры теплозащиты здания, строения, сооружения | | |
| 1.1. Требуемое сопротивление теплопередаче: | | |
| - наружных стен | кв. м · °C/Вт | 3,83 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · °C/Вт | 0,65 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м · °C/Вт | 5,02 |
| - входных дверей и ворот | кв. м · °C/Вт | 1,07 |
| - перекрытий над подвалами и подпольями (полы по грунту) | кв. м · °C/Вт | 4,82 |
| 1.2. Требуемый приведенный коэффициент теплопередачи здания, строения, сооружения | Вт/кв.м*°C | 0,47 |
| 1.3. Требуемая воздухопроницаемость: | | |
| - наружных стен (в том числе стыки) | кг/(кв.м · ч) | 0,5 |
| - окон и балконных дверей (при разности давлений 10 Па) | кг/(кв.м · ч) | 5 |
| - покрытий и перекрытий первого этажа | кг/(кв.м · ч) | 0,5 |
| - входных дверей в здание и в квартиры | кг/(кв.м · ч) | 7 |
| 1.4. Нормативная обобщенная воздухопроницаемость здания, строения, сооружения при разности давлений 10 Па | кг/(кв.м · ч) | 1,34 |
| 2. Расчетные показатели и характеристики здания, строения, сооружения | | |
| 2.1. Объемно-планировочные показатели | | |
| 2.1.1. Строительный объем, всего | куб. м | 33164,73 |
| в том числе отапливаемой части | куб. м | 17888,7 |
| 2.1.2. Количество квартир (помещений) | шт. | 105 |
| 2.1.3. Расчетное количество жителей (работников) | чел. | 335 |
| 2.1.4. Площадь квартир, помещений (без летних помещений) | кв. м | 7929,68 |
| 2.1.5. Высота этажа (от пола до пола) | м | 3 |

| | | |
|---|---------------|---------|
| 2.1.6. Общая площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания всего, в том числе: | кв. м | 4180,86 |
| - стен, включая окна, балконные и входные двери в здание | кв. м | 2526,5 |
| - окон и балконных дверей | кв. м | 744,24 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м | 1045,6 |
| - перекрытий над неотапливаемыми подвалами и подпольями, проездами и под эркерами, полов по грунту | кв. м | 630,1 |
| 2.1.7. Отношение площади наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания к площади квартир (помещений) | | 0,53 |
| 2.1.8. Отношение площади окон и балконных дверей к площади стен, включая окна и балконные двери | | 0,30 |
| 2.2. Уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций | | |
| 2.2.1. Приведенное сопротивление теплопередаче: | | |
| - стен | кв. м · °С/Вт | 3,87 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · °С/Вт | 0,66 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м · °С/Вт | 5,6 |
| - перекрытий над подвалами и подпольями (полы по грунту) | кв. м · °С/Вт | 5,24 |
| - входных дверей и ворот | кв. м · °С/Вт | 1,12 |
| 2.2.2. Приведенный коэффициент теплопередачи здания | Вт/кв. м · °С | 0,46 |
| 2.2.3. Сопротивление воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций при разности давлений 10 Па: | | |
| - стен (в том числе стыки) | кв. м · ч/кг | 2 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · ч/кг | 0,2 |
| - перекрытия над техническим подпольем и подвалом | кв. м · ч/кг | 2 |
| - входных дверей в здание и в квартиры | кв. м · ч/кг | 0,14 |
| - стыков элементов стен | м · ч/кг | |
| 2.2.4. Приведенная воздухопроницаемость ограждающих конструкций здания при разности давлений 10 Па | кг/(кв.м · ч) | 1,20 |
| 2.3. Энергетические нагрузки здания | | |
| 2.3.1. Потребляемая мощность систем инженерного оборудования: | | |
| - отопления | кВт | 277,96 |
| - горячего водоснабжения | кВт | 142,49 |

| | | |
|--|---------------------|-------------|
| - электроснабжения | кВт | 290 |
| - других систем (каждой отдельно): | кВт | |
| - вентиляции | кВт | |
| 2.3.2. Средние суточные расходы: | | |
| - природного газа | куб. м/сут. | |
| - холодной воды | куб. м/сут. | 45,68 |
| - горячей воды | куб. м/сут. | 33,07 |
| 2.3.3. Удельный максимальный часовой расход тепловой энергии на 1 кв. м площади квартир (помещений): | | |
| - на отопление здания | Вт/кв. м | 35,05 |
| - в том числе на вентиляцию | Вт/кв. м | |
| 2.3.4. Удельная тепловая характеристика | Вт/куб. м · °С | 0,246 |
| 2.4. Показатели эксплуатационной энергоемкости здания, строения, сооружения | | |
| 2.4.1. Годовые расходы конечных видов энергоносителей на здание (жилую часть здания), строение, сооружение: | | |
| - тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года | МДж/год | 2633618,813 |
| - тепловой энергии на горячее водоснабжение | МДж/год | 2246886,558 |
| - тепловой энергии других систем (раздельно): | МДж/год | |
| - вентиляции | | |
| - электрической энергии, всего, в том числе: | МВт · ч/год | 1073,32 |
| на общедомовое освещение | МВт · ч/год | 69,86 |
| в квартирах (помещениях) | МВт · ч/год | 139,72 |
| на силовое оборудование | МВт · ч/год | 863,74 |
| на водоснабжение и канализацию | МВт · ч/год | |
| - природного газа | тыс. куб. м/год | |
| 2.4.2. Удельные годовые расходы конечных видов энергоносителей в расчете на 1 кв. м площади квартир (помещений): | | |
| - тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года | МДж/кв. м год | 332,12 |
| - тепловой энергии на горячее водоснабжение | МДж/кв. м год | 283,35 |
| - тепловой энергии других систем (раздельно) | МДж/кв. м год | |
| - вентиляции | МДж/кв. м год | |
| - электрической энергии | кВт · ч/кв. м · год | 135,35 |
| - природного газа | куб. м/кв. м · год | |

| | | |
|---|----------------------------|--------|
| 2.4.3. Удельная эксплуатационная энергоемкость здания (обобщенный показатель годового расхода топливно-энергетических ресурсов в расчете на 1 кв. м площади квартир, помещений) | кг у. т. /кв. м · год | 20,93 |
| 2.4.4. Суммарный удельный годовой расход тепловой энергии: | | |
| - на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение | кВт · ч/кв. м · год | 171,10 |
| - максимально допустимые величины отклонений от нормируемого показателя | % | 5 |
| - на отопление и вентиляцию | Вт · ч/(кв. м · °С · сут.) | 0,0013 |
| 2.4.5. Удельный расход электрической энергии на общедомовые нужды | кВт · ч/кв. м | 30,67 |
| 3. Сведения об оснащенности приборами учета | | |
| 3.1. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, оборудованных приборами учета, при централизованном снабжении: | | |
| - электрической энергии | шт. | 1 |
| - тепловой энергии | шт. | 1 |
| - газа | шт. | |
| - воды | шт. | 1 |
| 3.2. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, необорудованных приборами учета, при централизованном снабжении: | | |
| - электрической энергии | шт. | нет |
| - тепловой энергии | шт. | нет |
| - газа | шт. | нет |
| - воды | шт. | нет |
| 3.3. Количество точек ввода электрической энергии, тепловой энергии, газа, воды, необорудованных приборами учета, при децентрализованном снабжении указанными ресурсами: | | |
| - электрической энергии | шт. | нет |
| - тепловой энергии | шт. | нет |
| - газа | шт. | нет |
| - воды | шт. | нет |
| 3.4. Оснащенность квартир (помещений) приборами учета потребляемых: | | |
| - электрической энергии | % | 100 |
| - тепловой энергии | % | нет |

| | | |
|---|---|-----|
| - газа | % | |
| - воды | % | 100 |
| 4. Характеристики наружных ограждающих конструкций (краткое описание). | | |
| 4.1. Фундаменты здания – ленточные монолитные, стены подвала из сборных бетонных блоков с монолитными вставками. Наружные стены: многослойная конструкция из однородных слоев, где несущим слоем является кирпичная кладка из кирпича полнотелого глиняного на цементно-песчаном растворе, утепление выполнено внутри из минплиты, наружная облицовка – кирпич керамический красный. Изнутри кладка оштукатурена цементно-песчаным раствором. | | |
| 4.2. Окна и балконные двери выполнены из поливинилхлоридных профилей и стеклопакетов по ГОСТ 30674-99 | | |
| 4.3. Кровля блок/секций – металлочерепица по деревянной обрешетке и стропилам. Перекрытие чердачное: несущий элемент – ж/б плиты перекрытия, выполняется утепление минераловатными плитами. | | |
| 4.4. Полы в тех.подполье: армированные бетонные полы по грунту с утеплением. | | |

Дата составления энергетического паспорта
"20" марта 2024 г.

Подпись ответственного исполнителя:

Должность, Ф.И.О. _____

М.П.

Энергоаудитор (ОРНЗ№0472015 СРО
 НП "Группа ЭЗ) Лежнев В.Н.

Подпись заказчика:

Должность, Ф.И.О. _____

М.П.

Директор ООО специализированный
 застройщик «Стимул» Пестова Т.И.

Пояснительная записка к энергетическому паспорту здания

Общая характеристика здания. Многоквартирный жилой дом средней этажности по ул. Кирова, 175 в г. Абакане. Жилой дом состоит из 3-х 7-ти этажных жилых блок-секций со встроенными помещениями общественного назначения. и включает в себя: 2 рядовые блок-секции и 1 угловую блок-секциями с 1, 2-х 3-х комнатными квартирами. Общее количество квартир - 105. Геометрические и теплотехнические показатели здания представлены в Энергетическом паспорте, составленном на основании проектной документации №ЭП-СРО047-13/2024Д.

Конструктивная схема здания включает продольные несущие стены и железобетонные плиты перекрытий.

Наружные стены представляют собой многослойную конструкцию из однородных слоев, где несущим слоем является кирпичная кладка из кирпича полнотелого глиняного на цементно-песчаном растворе, утепление выполнено внутри из минплиты, наружная облицовка – кирпич керамический красный. Изнутри кладка оштукатурена цементно-песчаным раствором. Утеплитель устанавливают в процессе возведения кладки.

Фундаменты здания – ленточные монолитные, стены подвала из сборных бетонных блоков с монолитными вставками.

Кровля блок/секций – металлочерепица по деревянной обрешетке и стропилам. Перекрытие чердачное: несущий элемент – ж/б плиты перекрытия, и выполняется утепление минераловатными плитами.



Рис.1. Фасады здания.

Окна и балконные двери выполнены из блоки из поливинилхлоридных профилей и стеклопакетов по ГОСТ 30674-99, имеющие приведенное сопротивление теплопередаче 0,66 м²·оС/Вт.

Для отопления жилого дома запроектирована зависимая системы отопления.

Системы отопления запитываются от индивидуальных тепловых пунктов с насосным смешиванием теплоносителя. Тепловые пункты располагаются в отдельных помещениях подвалов. Теплоноситель на входе в тепловые пункты жилого дома - вода с параметрами 150-70°С. Системы отопления приняты однотрубные, с "Г"-образными вертикальными стояками.

На вводе теплосети в здания предусмотрен узел учета тепловой энергии и теплоносителя.

ИТП оборудованы регуляторами расхода, погодной компенсацией в зависимости от утвержденного температурного графика.

Для обеспечения рационального использования воды и энергетических ресурсов предусматривается:

- организация учета воды (установка водосчетчиков);
- оптимально выбранное (не завышенное) давление в водопроводной сети;
- правильный выбор оборудования системы водоснабжения;

- не завышенный температурный режим подаваемой горячей воды;
- своевременный контроль состояния сетей, оборудования водораспределения и их ремонт.
- установка водосберегающей сантехнической арматуры, в том числе с порционным отпуском воды.


Климатические параметры. Согласно СНиП 23-02-2003 и ГОСТ 30494-96 расчетная средняя температура внутреннего воздуха принимается равной $t_{int} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$.

Согласно СНиП 23-01-99 принимается:

- 1) расчетная температура наружного воздуха в холодный период года для условий города Абакана $t_{ext} = -40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 2) продолжительность отопительного периода $z_{ht} = 225$ сут.;
- 3) средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{ht} = -8,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Методические особенности энергетического обследования законченного строительством объекта.

Таблица 1.

| № п.п. | Наименование операции | Цели | Методические особенности |
|--------|--------------------------------------|--|--|
| 1. | Измерение тепловизором | <ol style="list-style-type: none"> 1. Диагностика фактического состояния теплопроводности ОСК. 2. Обнаружение скрытых дефектов. 3. Оценка уровня сопротивления теплопередаче ОСК здания | $\Delta t_{min} = \theta R_v \frac{\alpha F}{1 - \rho}$ <p>min допустимый температурный напор, Δt min контролируемого объекта должен быть не менее 10°C.</p> |
| 2. | Определение воздухопроницаемости ОСК | <ol style="list-style-type: none"> 1. Определение мест наличия фильтрации воздуха через дефекты ОСК. | <p>Для надежного выявления мест фильтрации воздуха нужен перепад не менее 5 Па по всем обследуемым фасадам и этажам здания (EN13187) $dP > 5 \text{ Па}$. Основное средство контроля: тепловизор + аэродверь.</p>  |

| № п.п. | Наименование операции | Цели | Методические особенности |
|--------|--|--|--|
| 3. | Измерение кратности воздухообмена. | 1. Определение качества монтажа, 2. Определение уровня герметичности здания, 3. Определение исправности имеющейся вентиляционной системы, 4. Определение состояния микроклимата и температурно-влажностного режима в помещении. | Нормальная кратность воздухообмена равна трем. То есть, за час воздух должен три раза обновиться в помещении для поддержания оптимального микроклимата. Чем меньше значение воздухообмена, тем качественнее пароизоляционный и ветрозащитный слой. |
| 4. | Определение теплозащитных качеств ОСК. | 1. Определение мест ОСК с пониженным термическим сопротивлением. 2. Определение удельной тепловой характеристики здания и его класса энергоэффективности. | $q_m = \frac{Q_{зд}}{(t_z - t_n)V_{зд}}$, где $Q_{зд}$ - тепловая нагрузка на систему отопления здания, Вт; определяется как сумма расчетных теплотерь $Q_{расч}$, Вт, всех помещений здания; $V_{зд}$ - отапливаемый объем здания, м ³ . |

Измерение тепловизором – одна из основных методик диагностирования фактического состояния теплопроводности всех ограждающих конструкций строения.

Нормативные параметры для жилых зданий следующие:

- расчетный наружный температурный режим воздуха (определяется в соответствии с условиями климата каждой географической местности);
- расчетный внутренний температурный режим воздуха (20-21 °С);
- относительная влажность воздуха (50 – 60 %);
- разность температур воздуха внутри здания и на внутренней стороне его наружной стены (4- 6 °С);

Главная эксплуатационная характеристика любого жилого здания – это уровень удельных энергозатрат на обогрев определенной площади во время отопительного периода. Минимально допустимое приближение оператора тепловизора к обследуемой поверхности составляет 1 м.

Определение воздухопроницаемости ограждающих конструкций (СНиП 23-02-2003, СП 23-101-2004). Важным параметром является воздухопроницаемость конструкций, которая ограничивает неконтролируемую фильтрацию воздуха через конструкции. Фильтрация воздуха происходит через такие дефекты конструкций, как щели, трещины, негерметичность пароизоляции и ветрозащиты, негерметичность в установке оконных и дверных коробок, неплотный притвор створок окон и дверей и др. Фильтрация воздуха возникает через дефекты только при наличии перепада давлений. Если нет перепада давлений, или оператор находится с тепловизором со стороны избыточного давления, дефект

не проявится на термограмме и будет пропущен. Перепад давлений следует измерять дифференциальным манометром с ценой единицы младшего разряда не более 0,1 Па.

$$W = i \left(\frac{\Delta p}{\delta} \right)$$

Количество воздуха, проникающего через 1 м² слоя материал в единицу времени

Перепад давления рассчитывается согласно формуле: $\Delta P = 0.55H(\rho_n - \rho_e)g + 0.03\rho_n gv^2$

где v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь месяц, повторяемость которых составляет 16% и более. Чтобы во время тепловизионного обследования все конструкции на всех этажах и фасадах находились в условиях одинакового и стабильного перепада давлений используют аэродверь. Вентилятор аэродвери создает разрежение в помещениях на время внутреннего тепловизионного обследования, а при наружной тепловизионной съемке фасадов в помещениях создают избыточное давление.



Рис. 2. Совместное использование аэродвери и тепловизора.

Сущность метода заключается в том, что в испытываемый объект нагнетают или отсасывают из него воздух и после установления стационарного воздушного потока через вентилятор при фиксированном перепаде давления между испытываемым объемом и наружной средой измеряют расход воздуха через вентилятор и приравнивают его к расходу воздуха, фильтрующегося через неплотности ограждений, ограничивающих испытываемый объект. По результатам измерений вычисляют обобщенные характеристики воздухопроницаемости испытываемого объекта.

Аппаратура и оборудование:

- вентилятор, обеспечивающий расход воздуха в диапазоне 0-2500 м³/час и перепад давлений между наружной и внутренней средой не менее 900 Па;
- воздухонепроницаемая прочная пленка с отверстием для вентилятора, натягиваемую в проем ограждения испытываемого объекта;
- ЛАТЕР для плавной регулировки расхода вентилятора;
- микроманометр с точностью ± 2 Па со шкалой от 0 до 60 Па для измерения перепада давления между наружным и внутренним воздухом;
- термоанемометр Testo - 425 для измерения скорости воздуха, подаваемого в исследуемое помещение, диапазон измерения скорости 0-20м/с, точность измерения скорости 0.03 м/с;
- ртутный термометр с точностью ± 1 °С со шкалой от минус 50 до 50 °С для измерения температуры воздуха;
- барометр;

- лазерная рулетка для измерения внутренних размеров помещений и ограждающих конструкций.

При проведении испытаний должна быть обеспечена точность измерений расхода воздуха $\pm 10\%$.

Обработка результатов измерений. Рассчитывают объемный расход воздуха Q , м³/ч, проходящий через вентилятор, при каждой разности давлений по формуле:

$Q = 3600 \beta \cdot \bar{v} \cdot S$ Средняя массовая воздухопроницаемость конструкций испытанного объекта при разности давлений 10 Па определяется:

$$G = \frac{q_{10}}{A} \quad \text{кг/(кв. м ч)} \quad n_{50} = \frac{q_{50}}{V}$$

Измерение кратности воздухообмена. Кратность воздухообмена — ключевой критерий оценки качества проектирования и монтажа ограждающих конструкций здания

Кратность обмена воздуха является одним из ключевых критериев оценки качества проектирования и монтажа ограждающих конструкций здания.

Воздухопроницаемость напрямую влияет на энергозатраты и уровень комфорта в помещении.

Определение теплозащитных качеств ограждающих конструкции. Теплозащитные качества ограждающих конструкций характеризуются приведенным сопротивлением теплопередаче R_0 и термическим сопротивлением R_k . Их экспериментальное определение основывается на принципе стационарного режима теплопередачи, при котором тепловой поток, проходящий через любое сечение конструкции, перпендикулярное потоку, постоянен.

В этом случае имеет место равенство:

$$q = \frac{(t_{в} - t_{н})}{R_0} = \frac{(t_{в} - t_{к})}{R_k} = \frac{(t_{к} - t_{н})}{R_{н}}$$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{l_{ik}}{\lambda_{ik}} + \frac{1}{\alpha_{н}} = R_{в} + \sum_{i=1}^n R_{ik} + R_{н}$$

где

$$R_{в} = \frac{1}{\alpha_{в}}; \quad R_{н} = \frac{1}{\alpha_{н}}; \quad R_{ik} = \frac{l_{ik}}{\lambda_{ik}}$$

q - тепловой поток, Вт/м²;

R_{ik} - термическое сопротивление i -го слоя конструкции;

l_i - толщина i -го слоя, м;

λ_i - коэффициент теплопроводности i -го слоя, Вт/м \times °С;

$\alpha_{в}$ - коэффициент тепловосприятия внутренней поверхности ограждения, Вт/(м² \times °С);

$\alpha_{н}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м² \times °С);

$R_{в}$ - сопротивление тепловосприятию внутренней поверхности ограждения, м² \times °С/Вт;

$R_{н}$ - сопротивление теплоотдачи наружной поверхности ограждения, м² \times °С/Вт;

$t_{в}$ - температура внутренней поверхности, °С;

$t_{н}$ - температура наружной поверхности, °С.

Схема размещения датчиков термомпар при измерении температур в толще многослойного ограждения показана на рис. 6.

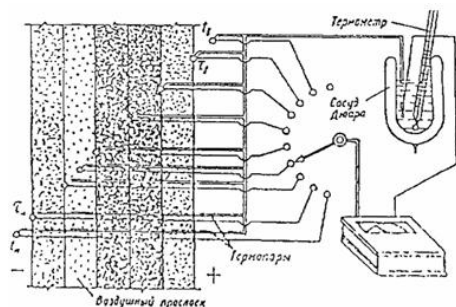


Схема размещения датчиков термомпар при измерении температур в толще многослойного ограждения

$t_{н}$ и $t_{н}$ - температура соответственно наружного воздуха и наружной поверхности ограждения, $t_{в}$ и $t_{в}$ - температура соответственно внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждения

Рис.3. Измерение температуры в толще многослойного ограждения.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Энергетический паспорт, составленный на основании проектной документации №ЭП-СРО047-162/2023Д

«Среднеэтажный многоквартирный жилой дом, расположенный по адресу: Республика Хакасия, городской округ Абакан, город Абакан, улица Авиаторов, земельный участок 5А». 1-й этап, корпус 1»

Адрес объекта: 655016, Республика Хакасия, городской округ Абакан, город Абакан, улица Авиаторов, земельный участок 5А.

наименование объекта (здания, строения, сооружения), адрес

Класс энергетической эффективности : В

| Параметры | Единица измерения | Значение параметра |
|---|-------------------|--------------------|
| 1. Параметры теплозащиты здания, строения, сооружения | | |
| 1.1. Требуемое сопротивление теплопередаче: | | |
| - наружных стен | кв. м · °С/Вт | 3,83 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · °С/Вт | 0,65 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м · °С/Вт | 5,02 |
| - входных дверей и ворот | кв. м · °С/Вт | 1,07 |
| - перекрытий над подвалами и подпольями (полы по грунту) | кв. м · °С/Вт | 4,82 |
| 1.2. Требуемый приведенный коэффициент теплопередачи здания, строения, сооружения | Вт/кв.м*°С | 0,39 |
| 1.3. Требуемая воздухопроницаемость: | | |
| - наружных стен (в том числе стыки) | кг/(кв.м · ч) | 0,5 |
| - окон и балконных дверей (при разности давлений 10 Па) | кг/(кв.м · ч) | 5 |
| - покрытий и перекрытий первого этажа | кг/(кв.м · ч) | 0,5 |
| - входных дверей в здание и в квартиры | кг/(кв.м · ч) | 7 |
| 1.4. Нормативная обобщенная воздухопроницаемость здания, строения, сооружения при разности давлений 10 Па | кг/(кв.м · ч) | 1,05 |
| 2. Расчетные показатели и характеристики здания, строения, сооружения | | |
| 2.1. Объемно-планировочные показатели | | |
| 2.1.1. Строительный объем, всего | куб. м | 48064,35 |
| в том числе отапливаемой части | куб. м | 36691,13 |
| 2.1.2. Количество квартир (помещений) | шт. | 170 |
| 2.1.3. Расчетное количество жителей (работников) | чел. | 535 |
| 2.1.4. Площадь квартир, помещений (без летних помещений) | кв. м | 11993,6 |
| 2.1.5. Высота этажа (от пола до пола) | м | 3 |

| | | |
|---|---------------|---------|
| 2.1.6. Общая площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания всего, в том числе: | кв. м | 10808 |
| - стен, включая окна, балконные и входные двери в здание | кв. м | 6926,36 |
| - окон и балконных дверей | кв. м | 1239 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м | 2501,33 |
| - перекрытий над неотапливаемыми подвалами и подпольями, проездами и под эркерами, полов по грунту | кв. м | 1430,1 |
| 2.1.7. Отношение площади наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания к площади квартир (помещений) | | 0,90 |
| 2.1.8. Отношение площади окон и балконных дверей к площади стен, включая окна и балконные двери | | 0,18 |
| 2.2. Уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций | | |
| 2.2.1. Приведенное сопротивление теплопередаче: | | |
| - стен | кв. м · °C/Вт | 3,87 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · °C/Вт | 0,66 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м · °C/Вт | 5,6 |
| - перекрытий над подвалами и подпольями (полы по грунту) | кв. м · °C/Вт | 5,24 |
| - входных дверей и ворот | кв. м · °C/Вт | 1,12 |
| 2.2.2. Приведенный коэффициент теплопередачи здания | Вт/кв. м · °C | 0,38 |
| 2.2.3. Сопротивление воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций при разности давлений 10 Па: | | |
| - стен (в том числе стыки) | кв. м · ч/кг | 2 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · ч/кг | 0,2 |
| - перекрытия над техническим подпольем и подвалом | кв. м · ч/кг | 2 |
| - входных дверей в здание и в квартиры | кв. м · ч/кг | 0,14 |
| - стыков элементов стен | м · ч/кг | |
| 2.2.4. Приведенная воздухопроницаемость ограждающих конструкций здания при разности давлений 10 Па | кг/(кв.м · ч) | 0,94 |
| 2.3. Энергетические нагрузки здания | | |
| 2.3.1. Потребляемая мощность систем инженерного оборудования: | | |
| - отопления | кВт | 568,71 |
| - горячего водоснабжения | кВт | 240,74 |

| | | |
|--|---------------------|-------------|
| - электроснабжения | кВт | 233 |
| - других систем (каждой отдельно): | кВт | |
| - вентиляции | кВт | |
| 2.3.2. Средние суточные расходы: | | |
| - природного газа | куб. м/сут. | |
| - холодной воды | куб. м/сут. | 77,64 |
| - горячей воды | куб. м/сут. | 56,22 |
| 2.3.3. Удельный максимальный часовой расход тепловой энергии на 1 кв. м площади квартир (помещений): | | |
| - на отопление здания | Вт/кв. м | 47,42 |
| - в том числе на вентиляцию | Вт/кв. м | |
| 2.3.4. Удельная тепловая характеристика | Вт/куб. м · °С | 0,245 |
| 2.4. Показатели эксплуатационной энергоемкости здания, строения, сооружения | | |
| 2.4.1. Годовые расходы конечных видов энергоносителей на здание (жилую часть здания), строение, сооружение: | | |
| - тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года | МДж/год | 5388451,276 |
| - тепловой энергии на горячее водоснабжение | МДж/год | 3796185,42 |
| - тепловой энергии других систем (раздельно): | МДж/год | |
| - вентиляции | | |
| - электрической энергии, всего, в том числе: | МВт · ч/год | 862,36 |
| на общедомовое освещение | МВт · ч/год | 56,13 |
| в квартирах (помещениях) | МВт · ч/год | 112,26 |
| на силовое оборудование | МВт · ч/год | 693,97 |
| на водоснабжение и канализацию | МВт · ч/год | |
| - природного газа | тыс. куб. м/год | |
| 2.4.2. Удельные годовые расходы конечных видов энергоносителей в расчете на 1 кв. м площади квартир (помещений): | | |
| - тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года | МДж/кв. м год | 449,28 |
| - тепловой энергии на горячее водоснабжение | МДж/кв. м год | 316,52 |
| - тепловой энергии других систем (раздельно) | МДж/кв. м год | |
| - вентиляции | МДж/кв. м год | |
| - электрической энергии | кВт · ч/кв. м · год | 71,90 |
| - природного газа | куб. м/кв. м · год | |

| | | |
|---|----------------------------|--------|
| 2.4.3. Удельная эксплуатационная энергоемкость здания (обобщенный показатель годового расхода топливно-энергетических ресурсов в расчете на 1 кв. м площади квартир, помещений) | кг у. т. /кв. м · год | 26,04 |
| 2.4.4. Суммарный удельный годовой расход тепловой энергии: | | |
| - на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение | кВт · ч/кв. м · год | 212,89 |
| - максимально допустимые величины отклонений от нормируемого показателя | % | 5 |
| - на отопление и вентиляцию | Вт · ч/(кв. м · °С · сут.) | 0,0013 |
| 2.4.5. Удельный расход электрической энергии на общедомовые нужды | кВт · ч/кв. м | 23,82 |
| 3. Сведения об оснащённости приборами учета | | |
| 3.1. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, оборудованных приборами учета, при централизованном снабжении: | | |
| - электрической энергии | шт. | 1 |
| - тепловой энергии | шт. | 1 |
| - газа | шт. | |
| - воды | шт. | 1 |
| 3.2. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, необорудованных приборами учета, при централизованном снабжении: | | |
| - электрической энергии | шт. | нет |
| - тепловой энергии | шт. | нет |
| - газа | шт. | нет |
| - воды | шт. | нет |
| 3.3. Количество точек ввода электрической энергии, тепловой энергии, газа, воды, необорудованных приборами учета, при децентрализованном снабжении указанными ресурсами: | | |
| - электрической энергии | шт. | нет |
| - тепловой энергии | шт. | нет |
| - газа | шт. | нет |
| - воды | шт. | нет |
| 3.4. Оснащённость квартир (помещений) приборами учета потребляемых: | | |
| - электрической энергии | % | 100 |
| - тепловой энергии | % | нет |

| | | |
|--------|---|-----|
| - газа | % | |
| - воды | % | 100 |

4. Характеристики наружных ограждающих конструкций (краткое описание).

4.1. Фундаменты здания – ленточные монолитные, стены подвала из сборных бетонных блоков с монолитными вставками. Наружные стены: многослойная конструкция из однородных слоев, где несущим слоем является кирпичная кладка из кирпича полнотелого глиняного на цементно-песчаном растворе, утепление выполнено внутри из минплиты, наружная облицовка – кирпич керамический красный. Изнутри кладка оштукатурена цементно-песчаным раствором.

4.2. Окна и балконные двери выполнены из поливинилхлоридных профилей и стеклопакетов по ГОСТ 30674-99

4.3. Кровля блок/секций – металлочерепица по деревянной обрешетке и стропилам. Перекрытие чердачное: несущий элемент – ж/б плиты перекрытия, утепление пенопластом ППС-17 толщиной 200 мм с укладкой сетки СТЭН (бесцветная ПВХ), последующая стяжка из бетона В15 толщиной 30 мм.

4.4. Полы в тех.подполье: уплотненный грунт.

Дата составления энергетического паспорта
"23" июня 2023 г.

Подпись ответственного исполнителя:

Должность, Ф.И.О. _____ Энергоаудитор (ОРНЗ№0472015 СРО
НП "Группа ЭЗ) Лежнев В.Н.

М.П.

Подпись заказчика:

Должность, Ф.И.О. _____ Директор ООО специализированный
застройщик «Стандарт» Пестова Т.И.

М.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Энергетический паспорт, составленный на основании проектной документации №ЭП-СРО047-195/2023Д

«Среднеэтажный многоквартирный жилой дом, расположенный по адресу: Республика Хакасия, городской округ Абакан, город Абакан, улица Авиаторов, земельный участок 5А». 2-й этап, корпус 2»

Адрес объекта: 655016, Республика Хакасия, городской округ Абакан, город Абакан, улица Авиаторов, земельный участок 5А.

наименование объекта (здания, строения, сооружения), адрес

Класс энергетической эффективности : В

| Параметры | Единица измерения | Значение параметра |
|--|-------------------|--------------------|
| 1. Параметры теплозащиты здания, строения, сооружения | | |
| 1.1. Требуемое сопротивление теплопередаче: | | |
| - наружных стен | кв. м · °С/Вт | 3,83 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · °С/Вт | 0,65 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м · °С/Вт | 5,02 |
| - входных дверей и ворот | кв. м · °С/Вт | 1,07 |
| - перекрытий над подвалами и подпольями (полы по грунту) | кв. м · °С/Вт | 4,82 |
| 1.2. Требуемый приведенный коэффициент теплопередачи здания, строения, сооружения | Вт/кв.м*°С | 0,35 |
| 1.3. Требуемая воздухопроницаемость: | | |
| - наружных стен (в том числе стыки) | кг/(кв.м · ч) | 0,5 |
| - окон и балконных дверей (при разности давлений 10 Па) | кг/(кв.м · ч) | 5 |
| - покрытий и перекрытий первого этажа | кг/(кв.м · ч) | 0,5 |
| - входных дверей в здание и в квартиры | кг/(кв.м · ч) | 7 |
| 1.4. Нормативная обобщенная воздухопроницаемость здания, строения, сооружения при разности давлений 10 Па | кг/(кв.м · ч) | 0,92 |
| 2. Расчетные показатели и характеристики здания, строения, сооружения | | |
| 2.1. Объемно-планировочные показатели | | |
| 2.1.1. Строительный объем, всего | куб. м | 27587,78 |
| в том числе отапливаемой части | куб. м | 22784,02 |
| 2.1.2. Количество квартир (помещений) | шт. | 100 |
| 2.1.3. Расчетное количество жителей (работников) | чел. | 157 |
| 2.1.4. Площадь квартир, помещений (без летних помещений) | кв. м | 7496,2 |
| 2.1.5. Высота этажа (от пола до пола) | м | 3 |

| | | |
|---|---------------|---------|
| 2.1.6. Общая площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания всего, в том числе: | кв. м | 7320 |
| - стен, включая окна, балконные и входные двери в здание | кв. м | 4457,64 |
| - окон и балконных дверей | кв. м | 648 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м | 1440 |
| - перекрытий над неотапливаемыми подвалами и подпольями, проездами и под эркерами, полов по грунту | кв. м | 1440 |
| 2.1.7. Отношение площади наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания к площади квартир (помещений) | | 0,98 |
| 2.1.8. Отношение площади окон и балконных дверей к площади стен, включая окна и балконные двери | | 0,15 |
| 2.2. Уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций | | |
| 2.2.1. Приведенное сопротивление теплопередаче: | | |
| - стен | кв. м · °C/Вт | 3,87 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · °C/Вт | 0,66 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м · °C/Вт | 5,6 |
| - перекрытий над подвалами и подпольями (полы по грунту) | кв. м · °C/Вт | 5,24 |
| - входных дверей и ворот | кв. м · °C/Вт | 1,12 |
| 2.2.2. Приведенный коэффициент теплопередачи здания | Вт/кв. м · °C | 0,34 |
| 2.2.3. Сопротивление воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций при разности давлений 10 Па: | | |
| - стен (в том числе стыки) | кв. м · ч/кг | 2 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · ч/кг | 0,2 |
| - перекрытия над техническим подпольем и подвалом | кв. м · ч/кг | 2 |
| - входных дверей в здание и в квартиры | кв. м · ч/кг | 0,14 |
| - стыков элементов стен | м · ч/кг | |
| 2.2.4. Приведенная воздухопроницаемость ограждающих конструкций здания при разности давлений 10 Па | кг/(кв.м · ч) | 0,82 |
| 2.3. Энергетические нагрузки здания | | |
| 2.3.1. Потребляемая мощность систем инженерного оборудования: | | |
| - отопления | кВт | 371,00 |
| - горячего водоснабжения | кВт | 86,06 |

| | | |
|--|---------------------|-------------|
| - электроснабжения | кВт | 136,5 |
| - других систем (каждой отдельно): | кВт | |
| - вентиляции | кВт | |
| 2.3.2. Средние суточные расходы: | | |
| - природного газа | куб. м/сут. | |
| - холодной воды | куб. м/сут. | 22,79 |
| - горячей воды | куб. м/сут. | 16,50 |
| 2.3.3. Удельный максимальный часовой расход тепловой энергии на 1 кв. м площади квартир (помещений): | | |
| - на отопление здания | Вт/кв. м | 49,49 |
| - в том числе на вентиляцию | Вт/кв. м | |
| 2.3.4. Удельная тепловая характеристика | Вт/куб. м · °С | 0,258 |
| 2.4. Показатели эксплуатационной энергоёмкости здания, строения, сооружения | | |
| 2.4.1. Годовые расходы конечных видов энергоносителей на здание (жилую часть здания), строение, сооружение: | | |
| - тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года | МДж/год | 3515166,541 |
| - тепловой энергии на горячее водоснабжение | МДж/год | 1357090,44 |
| - тепловой энергии других систем (раздельно): | МДж/год | |
| - вентиляции | | |
| - электрической энергии, всего, в том числе: | МВт · ч/год | 505,20 |
| на общедомовое освещение | МВт · ч/год | 32,88 |
| в квартирах (помещениях) | МВт · ч/год | 65,77 |
| на силовое оборудование | МВт · ч/год | 406,55 |
| на водоснабжение и канализацию | МВт · ч/год | |
| - природного газа | тыс. куб. м/год | |
| 2.4.2. Удельные годовые расходы конечных видов энергоносителей в расчете на 1 кв. м площади квартир (помещений): | | |
| - тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года | МДж/кв. м год | 468,93 |
| - тепловой энергии на горячее водоснабжение | МДж/кв. м год | 181,04 |
| - тепловой энергии других систем (раздельно) | МДж/кв. м год | |
| - вентиляции | МДж/кв. м год | |
| - электрической энергии | кВт · ч/кв. м · год | 67,39 |
| - природного газа | куб. м/кв. м · год | |

| | | |
|---|----------------------------|--------|
| 2.4.3. Удельная эксплуатационная энергоемкость здания (обобщенный показатель годового расхода топливно-энергетических ресурсов в расчете на 1 кв. м площади квартир, помещений) | кг у. т. /кв. м · год | 22,10 |
| 2.4.4. Суммарный удельный годовой расход тепловой энергии: | | |
| - на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение | кВт · ч/кв. м · год | 180,69 |
| - максимально допустимые величины отклонений от нормируемого показателя | % | 5 |
| - на отопление и вентиляцию | Вт · ч/(кв. м · °С · сут.) | 0,0020 |
| 2.4.5. Удельный расход электрической энергии на общедомовые нужды | кВт · ч/кв. м | 16,13 |
| 3. Сведения об оснащенности приборами учета | | |
| 3.1. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, оборудованных приборами учета, при централизованном снабжении: | | |
| - электрической энергии | шт. | 1 |
| - тепловой энергии | шт. | 1 |
| - газа | шт. | |
| - воды | шт. | 1 |
| 3.2. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, необорудованных приборами учета, при централизованном снабжении: | | |
| - электрической энергии | шт. | нет |
| - тепловой энергии | шт. | нет |
| - газа | шт. | нет |
| - воды | шт. | нет |
| 3.3. Количество точек ввода электрической энергии, тепловой энергии, газа, воды, необорудованных приборами учета, при децентрализованном снабжении указанными ресурсами: | | |
| - электрической энергии | шт. | нет |
| - тепловой энергии | шт. | нет |
| - газа | шт. | нет |
| - воды | шт. | нет |
| 3.4. Оснащенность квартир (помещений) приборами учета потребляемых: | | |
| - электрической энергии | % | 100 |
| - тепловой энергии | % | нет |

| | | |
|--------|---|-----|
| - газа | % | |
| - воды | % | 100 |

4. Характеристики наружных ограждающих конструкций (краткое описание).

4.1. Фундаменты здания – ленточные монолитные, стены подвала из сборных бетонных блоков с монолитными вставками. Наружные стены: многослойная конструкция из однородных слоев, где несущим слоем является кирпичная кладка из кирпича полнотелого глиняного на цементно-песчаном растворе, утепление выполнено внутри из минплиты, наружная облицовка – кирпич керамический красный. Изнутри кладка оштукатурена цементно-песчаным раствором.

4.2. Окна и балконные двери выполнены из поливинилхлоридных профилей и стеклопакетов по ГОСТ 30674-99

4.3. Кровля блок/секций – металлочерепица по деревянной обрешетке и стропилам. Перекрытие чердачное: несущий элемент – ж/б плиты перекрытия, и выполняется утепление минераловатными плитам Назаровского производства γ 125 кг/м³ толщиной 250 мм.

4.4. Полы в тех.подполье: уплотненный грунт.

Дата составления энергетического паспорта
"24" октября 2023 г.

Подпись ответственного исполнителя:

Должность, Ф.И.О. _____ Энергоаудитор (ОРНЗ№0472015 СРО
НП "Группа ЭЗ) Лежнев В.Н.

М.П.

Подпись заказчика:

Должность, Ф.И.О. _____ Директор ООО специализированный
застройщик «Стандарт» Пестова Т.И.

М.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

| | | |
|--|-------------------|--------------------|
| Энергетический паспорт, составленный на основании проектной документации | | |
| №ЭП-СРО047-62/2022Д | | |
| <u>«Многоквартирный жилой дом средней этажности по ул. Генерала Тихонова, 4 в г. Абакане»</u> | | |
| Адрес объекта: 655001, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Генерала Тихонова, 4. | | |
| <small>наименование объекта (здания, строения, сооружения), адрес</small> | | |
| Класс энергетической эффективности : В | | |
| Параметры | Единица измерения | Значение параметра |
| 1. Параметры теплозащиты здания, строения, сооружения | | |
| 1.1. Требуемое сопротивление теплопередаче: | | |
| - наружных стен | кв. м · °С/Вт | 3,83 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · °С/Вт | 0,66 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м · °С/Вт | 5,02 |
| - входных дверей и ворот | кв. м · °С/Вт | 1,07 |
| - перекрытий над подвалами и подпольями (полы по грунту) | кв. м · °С/Вт | 4,82 |
| 1.2. Требуемый приведенный коэффициент теплопередачи здания, строения, сооружения | Вт/кв.м*°С | 0,34 |
| 1.3. Требуемая воздухопроницаемость: | | |
| - наружных стен (в том числе стыки) | кг/(кв.м · ч) | 0,5 |
| - окон и балконных дверей (при разности давлений 10 Па) | кг/(кв.м · ч) | 5 |
| - покрытий и перекрытий первого этажа | кг/(кв.м · ч) | 0,5 |
| - входных дверей в здание и в квартиры | кг/(кв.м · ч) | 7 |
| 1.4. Нормативная обобщенная воздухопроницаемость здания, строения, сооружения при разности давлений 10 Па | кг/(кв.м · ч) | 0,91 |
| 2. Расчетные показатели и характеристики здания, строения, сооружения | | |
| 2.1. Объемно-планировочные показатели | | |
| 2.1.1. Строительный объем, всего | куб. м | 48064,3 |
| в том числе отапливаемой части | куб. м | 39689,02 |
| 2.1.2. Количество квартир (помещений) | шт. | 160 |
| 2.1.3. Расчетное количество жителей (работников) | чел. | 536 |
| 2.1.4. Площадь квартир, помещений (без летних помещений) | кв. м | 14996,73 |
| 2.1.5. Высота этажа (от пола до пола) | м | 3 |

| | | |
|---|---------------|----------|
| 2.1.6. Общая площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания всего, в том числе: | кв. м | 10516,76 |
| - стен, включая окна, балконные и входные двери в здание | кв. м | 5563,57 |
| - окон и балконных дверей | кв. м | 882,1 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м | 2501,33 |
| - перекрытий над неотапливаемыми подвалами и подпольями, проездами и под эркерами, полов по грунту | кв. м | 2501,33 |
| 2.1.7. Отношение площади наружных ограждающих конструкций отапливаемой части здания к площади квартир (помещений) | | 0,70 |
| 2.1.8. Отношение площади окон и балконных дверей к площади стен, включая окна и балконные двери | | 0,16 |
| 2.2. Уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций | | |
| 2.2.1. Приведенное сопротивление теплопередаче: | | |
| - стен | кв. м · °С/Вт | 3,87 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · °С/Вт | 0,66 |
| - покрытий, чердачных перекрытий | кв. м · °С/Вт | 5,6 |
| - перекрытий над подвалами и подпольями (полы по грунту) | кв. м · °С/Вт | 5,24 |
| - входных дверей и ворот | кв. м · °С/Вт | 1,12 |
| 2.2.2. Приведенный коэффициент теплопередачи здания | Вт/кв. м · °С | 0,33 |
| 2.2.3. Сопротивление воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций при разности давлений 10 Па: | | |
| - стен (в том числе стыки) | кв. м · ч/кг | 2 |
| - окон и балконных дверей | кв. м · ч/кг | 0,2 |
| - перекрытия над техническим подпольем и подвалом | кв. м · ч/кг | 2 |
| - входных дверей в здание и в квартиры | кв. м · ч/кг | 0,14 |
| - стыков элементов стен | м · ч/кг | |
| 2.2.4. Приведенная воздухопроницаемость ограждающих конструкций здания при разности давлений 10 Па | кг/(кв.м · ч) | 0,82 |
| 2.3. Энергетические нагрузки здания | | |
| 2.3.1. Потребляемая мощность систем инженерного оборудования: | | |
| - отопления | кВт | 865,27 |
| - горячего водоснабжения | кВт | 294,24 |

| | | |
|--|---------------------|-------------|
| - электроснабжения | кВт | 233 |
| - других систем (каждой отдельно): | кВт | |
| - вентиляции | кВт | |
| 2.3.2. Средние суточные расходы: | | |
| - природного газа | куб. м/сут. | |
| - холодной воды | куб. м/сут. | 77,72 |
| - горячей воды | куб. м/сут. | 56,28 |
| 2.3.3. Удельный максимальный часовой расход тепловой энергии на 1 кв. м площади квартир (помещений): | | |
| - на отопление здания | Вт/кв. м | 57,70 |
| - в том числе на вентиляцию | Вт/кв. м | |
| 2.3.4. Удельная тепловая характеристика | Вт/куб. м · °С | 0,345 |
| 2.4. Показатели эксплуатационной энергоемкости здания, строения, сооружения | | |
| 2.4.1. Годовые расходы конечных видов энергоносителей на здание (жилую часть здания), строение, сооружение: | | |
| - тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года | МДж/год | 8198376,285 |
| - тепловой энергии на горячее водоснабжение | МДж/год | 4639782,18 |
| - тепловой энергии других систем (раздельно): | МДж/год | |
| - вентиляции | | |
| - электрической энергии, всего, в том числе: | МВт · ч/год | 862,36 |
| на общедомовое освещение | МВт · ч/год | 56,13 |
| в квартирах (помещениях) | МВт · ч/год | 112,26 |
| на силовое оборудование | МВт · ч/год | 693,97 |
| на водоснабжение и канализацию | МВт · ч/год | |
| - природного газа | тыс. куб. м/год | |
| 2.4.2. Удельные годовые расходы конечных видов энергоносителей в расчете на 1 кв. м площади квартир (помещений): | | |
| - тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года | МДж/кв. м год | 546,68 |
| - тепловой энергии на горячее водоснабжение | МДж/кв. м год | 309,39 |
| - тепловой энергии других систем (раздельно) | МДж/кв. м год | |
| - вентиляции | МДж/кв. м год | |
| - электрической энергии | кВт · ч/кв. м · год | 57,50 |
| - природного газа | куб. м/кв. м · год | |

| | | |
|---|----------------------------|--------|
| 2.4.3. Удельная эксплуатационная энергоемкость здания (обобщенный показатель годового расхода топливно-энергетических ресурсов в расчете на 1 кв. м площади квартир, помещений) | кг у. т. /кв. м · год | 29,11 |
| 2.4.4. Суммарный удельный годовой расход тепловой энергии: | | |
| - на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение | кВт · ч/кв. м · год | 237,99 |
| - максимально допустимые величины отклонений от нормируемого показателя | % | 5 |
| - на отопление и вентиляцию | Вт · ч/(кв. м · °С · сут.) | 0,0011 |
| 2.4.5. Удельный расход электрической энергии на общедомовые нужды | кВт · ч/кв. м | 10,49 |
| 3. Сведения об оснащенности приборами учета | | |
| 3.1. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, оборудованных приборами учета, при централизованном снабжении: | | |
| - электрической энергии | шт. | 1 |
| - тепловой энергии | шт. | 1 |
| - газа | шт. | |
| - воды | шт. | 1 |
| 3.2. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, необорудованных приборами учета, при централизованном снабжении: | | |
| - электрической энергии | шт. | нет |
| - тепловой энергии | шт. | нет |
| - газа | шт. | нет |
| - воды | шт. | нет |
| 3.3. Количество точек ввода электрической энергии, тепловой энергии, газа, воды, необорудованных приборами учета, при децентрализованном снабжении указанными ресурсами: | | |
| - электрической энергии | шт. | нет |
| - тепловой энергии | шт. | нет |
| - газа | шт. | нет |
| - воды | шт. | нет |
| 3.4. Оснащенность квартир (помещений) приборами учета потребляемых: | | |
| - электрической энергии | % | 100 |
| - тепловой энергии | % | нет |

| | | |
|---|---|-----|
| - газа | % | |
| - воды | % | 100 |
| 4. Характеристики наружных ограждающих конструкций (краткое описание). | | |
| 4.1. Фундаменты здания – ленточные монолитные, стены подвала из сборных бетонных блоков с монолитными вставками. Наружные стены: многослойная конструкция из однородных слоев, где несущим слоем является кирпичная кладка из кирпича полнотелого глиняного на цементно-песчаном растворе, утепление выполнено внутри из минплиты, наружная облицовка – кирпич керамический красный. Изнутри кладка оштукатурена цементно-песчаным раствором. | | |
| 4.2. Окна и балконные двери выполнены из блоки из поливинилхлоридных профилей и стеклопакетов по ГОСТ 30674-99 | | |
| 4.3. Кровля блок/секций – металлочерепица по деревянной обрешетке и стропилам. Перекрытие чердачное: несущий элемент – ж/б плиты перекрытия, и выполняется утепление минераловатными плитам Назаровского производства γ -125 кг/м ³ толщиной 250 мм. | | |
| 4.4. Полы в тех.подполье: уплотненный грунт. | | |
| Дата составления энергетического паспорта | | |
| "07" октября 2022 г. | | |
| Подпись ответственного исполнителя: | | |
| Должность, Ф.И.О. _____ | Энергоаудитор (ОРНЗ№0472015 СРО НП "Группа ЭЗ) Лежнев В.Н. | |
| М.П. | | |
| Подпись заказчика: | | |
| Должность, Ф.И.О. _____ | Генеральный директор ООО специализированный застройщик «Гефест» Пестов В.Т. | |
| М.П. | | |

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

Отпечатано в 1 экземпляре.

Библиография _____ наименований.

Один экземпляр сдан на кафедру.

« ____ » _____ 2024 г.

(подпись)

(Ф.И.О.)

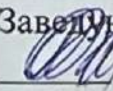
Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

кафедра «Строительство и экономика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Г.Н. Шибаева

подпись инициалы, фамилия

«28» 06 2024 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Сравнительный анализ самых популярных утеплителей в строительстве
тема


08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.16 «Промышленное и гражданское строительство: проектирование»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель



подпись, дата


Зав. кафедрой С.И.Э. доц.к.т.н.

должность, ученая степень

Шибаева Г.Н.

инициалы, фамилия

Выпускник



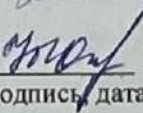
подпись, дата

Нестеров З.В.

инициалы, фамилия

Рецензент

v




подпись, дата

Южно Ю.С.

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 28.06.24

подпись, дата

Шибаева Г.Н.

инициалы, фамилия

Абакан 2024