

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

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр архитектурных, конструктивных решений и организации строительства

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Строительство, эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение энергоэффективности строящегося многофункционального
жилого здания

Обучающийся

С.А. Мельник

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководи-
тель

канд. техн. наук, доцент, И.К. Родионов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент, И.К. Родионов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. филолог. наук, доцент, Т.Г. Никитина

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Теоретические основы при проектировании и строительстве энергоэффективных малоэтажных жилых зданий	7
1.1 Отечественный и зарубежный опыт в области проектирования и строительства энергоэффективных малоэтажных жилых зданий	7
1.2 Общие принципы и особенности при проектировании и строительстве энергоэффективных многофункциональных малоэтажных зданий	26
1.3 Выявление особенностей и недостатков проектирования энергоэффективных многофункциональных малоэтажных зданий	32
Глава 2. Проведение комплексного анализа в области малоэтажного строительства зданий	34
2.1 Сбор общих сведений об объекте строительства	34
2.2 Анализ выбранных современных материалов, используемых при строительстве многофункционального малоэтажного здания	36
2.3 Теоретическое и практическое обоснование выбранных улучшенных материалов и конструкций путем расчета и замера телевизором полученных конструкций	41
Глава 3. Экономическое обоснование применяемых энергоэффективных материалов в области малоэтажного строительства зданий	55
3.1 Сравнение стоимости применяемых энергоэффективных материалов со стоимостью обычных	55
3.2 Динамика изменения удельного расхода энергии на отопление и вентиляции за отопительный период после применения энергоэффективных материалов	58
3.3 Разработки в области энергоэффективного строительства	60

Заключение	62
Список используемых источников.....	64

Введение

Актуальность работы. Во многих мегаполисах, а также провинциальных городах все больше набирает обороты политика в области энергосбережения. В настоящее время недостаточно изучен вопрос по повышению энергоэффективности в области малоэтажного строительства.

Благодаря повышению экологичности материалов, на практике можно наблюдать рост в области их энергоэффективных свойств.

При возведении современных зданий необходимо помнить, что современные здания должны оказывать минимальное воздействие на окружающую среду, благодаря меньшему потреблению энергии.

Энергоэффективность, в первую очередь, это обеспечение комфортного пребывания в помещении. Основным требованием, которое выдвигается к помещению, является его защита от высоких температур в теплое время года и создание теплого микроклимата в холодное время года.

На сегодняшний день большое распространение получило строительство энергоэффективных здания. В связи с этим появилась потребность в разработке комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности в этой области.

В работе предлагается комплекс мероприятий по повышению энергоэффективности с целью внедрения современных материалов и инновационных технологий для повышения энергоэффективности малоэтажных зданий.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать нормативную базу и научные исследования в области энергоэффективности возведения малоэтажных зданий.
2. Рассмотреть основные достоинства и недостатки при возведении многофункциональных энергоэффективных зданий и определить существующие типы энергоэффективных строений.

3. Выявить объемно-планировочные и основные конструктивные особенности элементов существующих малоэтажных зданий.
4. Разработать комплекс материалов, позволяющий повысить показатель энергоэффективности строящегося многофункционального здания и обосновать энергоэффективность использования применяемых материалов.

Предметом исследования магистерской работы является комплекс взаимосвязанных между собой конструктивных элементов с применением инновационных материалов.

Объект исследования магистерской работы является энергоэффективность в области малоэтажного строительства.

Методы исследования. Основу данного исследования составляет комплексный анализ разработок в области возведения энергоэффективных зданий.

Работа основывается на экспериментальном методе исследования, который предполагает изучение параметров объекта исследования в естественных условиях, вследствие чего необходимо выделить оптимальные конструктивные решения.

Методология исследований в области энергоэффективности соответствует исследованиям, нацеленным на доработку и совершенствование конкретного комплекса мероприятий, позволяющие спроектировать энергоэффективное малоэтажное жилое здание.

Научная новизна магистерской работы, заключается в выборе оптимальных энергосберегающих мероприятий и технических решений при проектировании и строительстве малоэтажных жилых зданий, основываясь на применение соотношения «цена-качество», а также выбор более экологичных материалов.

Практическая значимость магистерской работы, заключается в использовании энергоэффективных инновационных экологичных материалов применительно к строительству малоэтажных зданий.

Апробация результатов исследования. Результаты опубликованы в 1-ой статье в периодическом издании.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3-х глав /9-ти разделов, заключения, библиографического списка.

Первая глава представляет собой обзор литературы по теме исследования «Повышение энергоэффективности строящихся малоэтажных зданий путем внедрения энергоэффективных и инновационных материалов». Рассмотрены и изучены теоретические основы в области проектирования и строительства энергоэффективных малоэтажных жилых зданий. Особое внимание уделено общим принципам и особенностям при проектировании и строительстве энергоэффективных малоэтажных зданий. Выделены основные достоинства и недостатки при возведении энергоэффективных зданий. Рассмотрены существующие типы энергоэффективных строений.

Во второй главе осуществлен сбор общих сведений об объекте строительства. Проведен анализ выбранных современных материалов, используемых при строительстве малоэтажного здания. Выполнено теоретическое и практическое обоснование выбранных улучшенных материалов и конструкций путем расчета и замера тепловизором полученных конструкций.

В третьей главе проведен экономический анализ применяемых энергоэффективных материалов со стоимостью обычных. Рассмотрена динамика изменения удельного расхода энергии на отопление и вентиляции за отопительный период за счет применения энергоэффективных материалов. Приведены основные разработки в области энергоэффективного строительства.

Глава 1. Теоретические основы при проектировании и строительстве энергоэффективных малоэтажных жилых зданий

1.1 Отечественный и зарубежный опыт в области проектирования и строительства энергоэффективных малоэтажных жилых зданий

Нормативная база в области современного строительства постоянно развивается с учетом модернизации технологий, повышения требований по энергоэффективности, безопасности и качеству строительных работ.

На текущий момент основным законом в области энергосбережения является Федеральный закон № 261-ФЗ от «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [52,53].

Согласно положениям Указа Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. N 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» реализуются плановые мероприятия в строительной отрасли и коммунальном хозяйстве [68,С.27].

К основным государственным стандартам в области строительства, ресурсосбережения и энергоэффективных строительных материалов следует отнести ГОСТ Р 56295-2014 «Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях» [16,С.14].

Рассмотрим понятие энергоэффективности согласно Федеральному закону «Об энергосбережении» № 28-ФЗ от 03.04.1996 г., энергосбережение – это «...реализация организационных, правовых, научных, производственных, технических мероприятий, направленных на эффективное использование энергоресурсов», при этом под эффективным использованием энергоресурсов понимается «... достижение экономически оправданной эффективности

использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологии» [10-12,69].

Рассмотрим основные положения Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 11.06.2021) относительно политики в области строительства энергоэффективных зданий. Для этого необходимо рассмотреть Статью 11 вышеуказанного закона. Сама статья состоит из 10 пунктов. Рассмотрим основную часть из них [13-14].

Согласно Федеральному закону от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 11.06.2021) статья 11. Обеспечение энергетической эффективности зданий, строений, сооружений [69]:

- а) «здания, строения, сооружения, за исключением указанных в части 5 настоящей статьи зданий, строений, сооружений, должны соответствовать требованиям энергетической эффективности, установленным уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в соответствии с правилами, утвержденными Правительством Российской Федерации. Правительство Российской Федерации вправе установить в указанных правилах первоочередные требования энергетической эффективности;
- б) требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений должны включать в себя:
 - 1) показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении;
 - 2) требования к влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям;

- 3) требования к отдельным элементам, конструкциям зданий, строений, сооружений и к их свойствам, к используемым в зданиях, строениях, сооружениях устройствам и технологиям, а также требования к включаемым в проектную документацию и применяемым при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений технологиям и материалам, позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий, строений, сооружений, так и в процессе их эксплуатации;
- в) в составе требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений должны быть определены требования, которым здание, строение, сооружение должны соответствовать при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации, с указанием лиц, обеспечивающих выполнение таких требований (застройщика, собственника здания, строения, сооружения), а также сроки, в течение которых выполнение таких требований должно быть обеспечено. При этом срок, в течение которого выполнение таких требований должно быть обеспечено застройщиком, должен составлять не менее чем пять лет с момента ввода в эксплуатацию здания, строения, сооружения;
- г) требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений подлежат пересмотру не реже чем один раз в пять лет в целях повышения энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;
- д) требования энергетической эффективности не распространяются на следующие здания, строения, сооружения: культовые здания, строения, сооружения; здания, строения, сооружения, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объ-

ектам культурного наследия (памятникам истории и культуры); временные постройки, срок службы которых составляет менее чем два года; объекты индивидуального жилищного строительства, садовые дома и т.д.;

е) не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов [7,9];

ж) застройщики обязаны обеспечить соответствие зданий, строений, сооружений требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов путем выбора оптимальных архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений и их надлежащей реализации при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта» и т.д. [69] .

Глубокий интерес в области возведения энергоэффективных стали проявлять только на рубеже 80-90-х годов XX века. В некоторых зарубежных странах, таких как Германия, Швейцария, Австрия и т.д. впервые была начата исследовательская работа в области изучения методов повышения энергоэффективности, как самих зданий, так и материалов, используемых при строительстве, а в дальнейшем сделаны выводы о путях повышения энергоэффективности [1-3].

В ходе исследовательской работы в области энергоэффективного строительства, было выявлено четыре типа энергоэффективных строений [4-6].

Энергоэффективный дом – дом, расход электрической энергии которого составляет не более 70% по сравнению с типовыми домами. Часть энергозатрат такого дома покрывается за счет источников окружающей среды (тепло солнца, сила ветра и т.д.) [36,С.131-135].

Дом с низким, экономическим потреблением энергии – дом, расход электрической энергии которого составляет не более 45%. Такой небольшой показатель расхода достигается за счет механической вентиляции в сочетании с дополнительными источниками, которыми может служить, к примеру, солнечный коллектор. В конструкции стены такого дома необходимо предусмотреть слой тепловой изоляции толщиной 20 см. [36,С.131-135].

Пассивный дом – это дом с минимальным показателем потребления энергии. Расход электрической энергии такого дома составляет 30%. 30-ти процентный показатель расхода энергии достигается за счет изоляции всех наружных поверхностей (стены, окна, двери), ликвидации мостиков холода. Источниками тепла для такого дома служат естественные источники и, непосредственно, система вентиляции [70]. В конструкции стены такого дома необходимо предусмотреть слой тепловой изоляции толщиной 30 см. В пассивном доме предусматривается механическая вентиляция, в сочетании с дополнительными источниками тепла, дополнительно предполагается устройство ветреной электростанции [36,С.131-135].

Дом с нулевым потреблением энергии – экспериментальный дом, в котором не используются общепринятые источники электроэнергии. В конструкции стены такого дома необходимо предусмотреть слой тепловой изоляции толщиной 40 см. Помимо механической вентиляции, дополнительных источников тепла и ветровой установки предусматривается устройство водяного резервуара, который выполняет функцию теплового аккумулятора [36,С.131-135].

На сегодняшний день при строительстве энергоэффективных зданий наиболее распространенным являются дома пассивного и энергоэффективного типов [9-14].

«Одним из ярких примеров энергоэффективного здания является Институт Скалистых Гор, построенный в 1980-х годах в штате Колорадо. При строительстве штаб-квартиры Института Скалистых гор были реализованы,

имеющиеся в те года, достижения в области энергоэффективного строительства» [36,С.131-135].

Конструктивной особенностью здания Института скалистых гор является фасад. Фасад здания был представлен в виде каменных стен. Конструкция стены включала в себя тепловую изоляцию толщиной 10 мм и предполагала устройство воздушной прослойкой и слоя из фольги.

Представленная конструкция является современного навесного фасада.

Для устройства остекления были разработаны стеклопакеты, заполненные аргоном, со специальным теплоотражающим слоем.

Благодаря примененным технологиям, здание не требовалось отапливать при достижении низких температур. Здание сохраняло тепло вплоть до понижения температуры наружного воздуха до -40°C . От избытка тепла в обычные дни избавлялись путем выведения лишнего тепла через систему вентиляции.

Еще одним ярким примером энергоэффективного здания является исследовательский центр компании ROCKWOOL (рисунок 1), построенный в пригородном городе Хедехусене, расположенный в железнодорожной линии между Копенгагеном и Роскилле в столичном регионе Дании.



Рисунок 1 – Исследовательский центр компании ROCKWOOL

«Здание было построено в 2000-ом году. При строительстве этого здания были применены усовершенствованные технологии. Увеличение энергоэффективности здания почти в четыре раза, было достигнуто путем внедрения эффективной изоляции, применение трехслойных оконных блоков и улучшение системы вентиляции» [55,С.112-114].

Большая часть остекления здания было ориентировано на южную сторону.

«Конструкция стены предусматривает устройство слоя изоляции из каменной ваты толщиной от 25 до 50 см, располагающейся по всей теплоизолирующей оболочке здания. В процессе строительства были выявлены и ликвидированы «мостики холода», доработана теплоизоляция фундамента, изменена конструкция оконных переплетов» [55,С.112-114].

Вентиляцией в Центре управляет компьютер («интеллектуальная система вентиляции») [55,С.112-114].

Наряду с Зарубежными странами в России также ведется строительство энергоэффективных зданий. Примером энергоэффективного здания в России является дом GREEN BALANCE, расположенный в Подмосковье.

Энергоэффективный российский дом GREEN BALANCE представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Энергоэффективный дом GREEN BALANCE

Основной принцип дома - минимальное использование электричества и отопления. Благодаря уменьшению соотношения площади ограждающих конструкций к полезной площади, потери тепла становятся намного ниже, чем при строительстве типовых домов.

В здании GREEN BALANCE все ограждающие конструкции, включая отдельные конструктивные элементы, должны быть заизолированы. Шумоизоляция и звукоизоляция дома, отвечает современным стандартам и имеет повышенный показатель. Конструкция пола первого этажа заглублена на 1,5 м и утеплена плитами ROCKWOOL Флор Баттс [76].

Общая площадь всех светопрозрачных конструкций составляет 40% 7 от общей площади здания GREEN BALANCE. В зданиях, возведенных по типовым проектам, показатель соотношения площади остекления к общей площади здания колеблется в промежутке от 18 до 20%.

В результате максимального расположения светопрозрачных конструкций на южной стороне, здание GREEN BALANCE в большой мере обеспечено солнечными лучами. Благодаря этому, поверхности, находящиеся внутри теплоизолированной оболочки дома нагреваются, тем самым достигается максимальное использование солнечного света для отопления [55,С.112-114].

Еще одним примером строительства энергоэффективного здания является канадский офисный центр Manitoba Hydro Place возведенный в городе Виннипег, представленный на рисунке 3.



Рисунок 3 – Офисный центр Manitoba Hydro Place

Manitoba Hydro Place представляет собой 22-этажное здание, высота которого составляет 115 метров. Благодаря учету достоинств местности - постоянные ветра и рассчитали, как максимально можно использовать солнечную энергию, было сокращено потребление электроэнергии на 70 %. Благо-

даря конструированию абсолютно прозрачных фасадов с восточной и западной стороны, получилось существенно снизить расходы на электроэнергию.

Чтобы избежать перегрева поверхностей 22-этажного здания Manitoba Hydro Place, а также минимизировать затраты на отоплении и кондиционировании воздуха, были спроектированы автоматически открывающиеся окна и установлены геотермальные скважины, которые позволяют обеспечить комфортную температуру внутри здания.

«Manitoba Hydro Place был построен по проекту бюро Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects и открыт в 2009 году».

В Лондоне был возведен энергоэффективный комплекс Crystal, в котором разместился центр по изучению трансформации городов, представленный на рисунке 4.



Рисунок 4 – Комплекс Crystal

Над созданием проекта, для дальнейшего строительства комплекса Crystal, трудился инженерный состав архитектурного бюро Wilkinson Eyre Architects [78,79].

Для максимального пропускания солнечных лучей, архитекторами было предусмотрено устройство светопрозрачных конструкций, которые занимают наибольшую часть фасада. В результате увеличения площади остекления, здание потребляет на 50% меньше энергии, чем аналогичные офисные здания, а показатель выделения углекислого газа, в свою очередь, уменьшен на 65%.

Поддержание оптимальной температуры внутри здания (предотвращение охлаждения и нагревания поверхностей здания) достигается путем установки возобновляемых источников энергии. Благодаря использованию таких приемов на практике, корейским архитекторам в проекте Seoul Energy Dream Center, представленном на рисунке 5, удалось сэкономить порядка 70 % энергии [75,77].

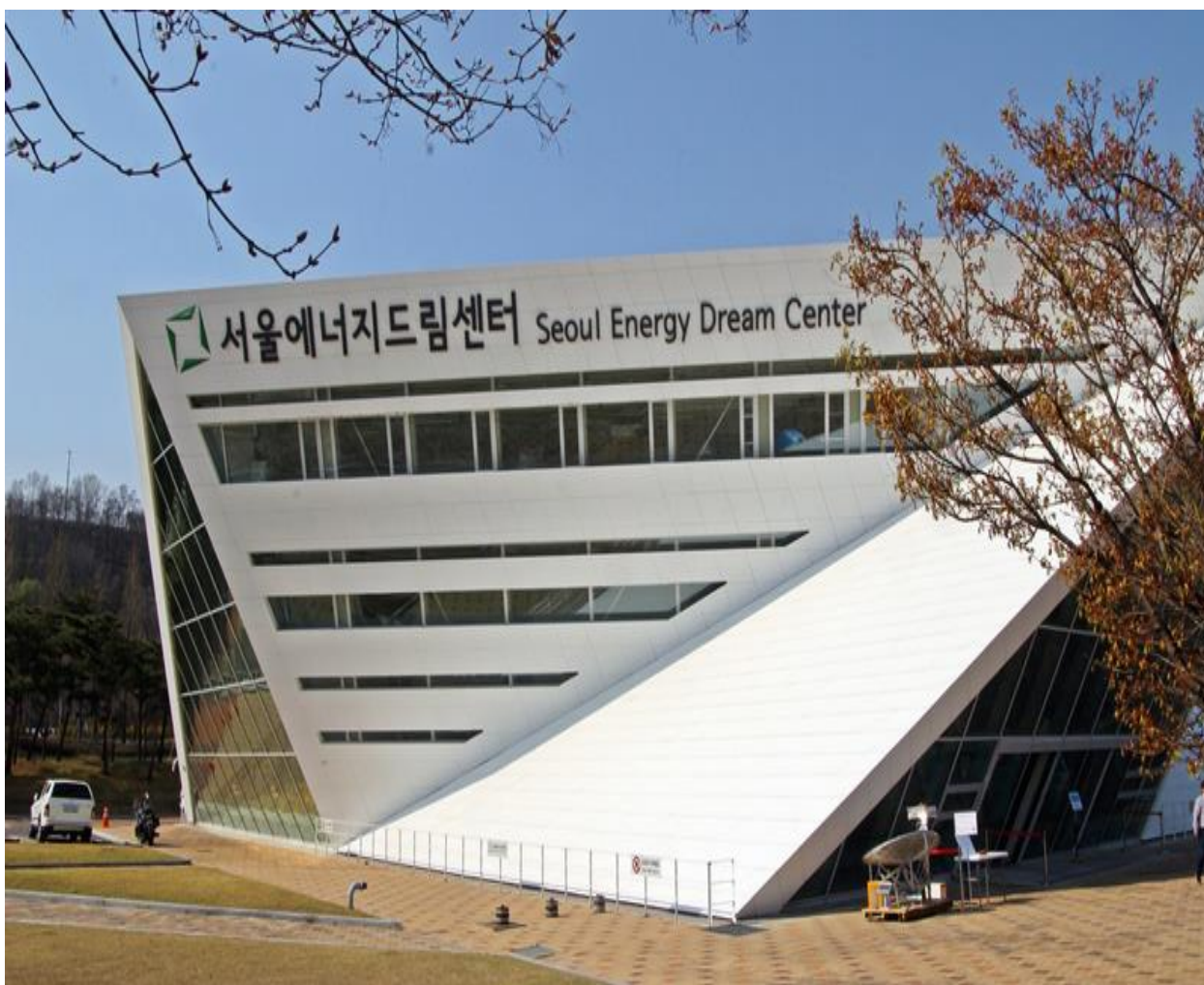


Рисунок 5 – Проект Seoul Energy Dream Center

В проекте Seoul Energy Dream Center, здание было ориентировано так, что наиболее оптимально удалось использовать ветровые и солнечные потоки, а особый наклон стен позволил обеспечить максимальную проходимость солнечных лучей. Необходимые 30 % энергии от среднего количества энергии, требуемой на обеспечение подобных зданий, центр получает за счёт геотермальных источников и солнечных батарей [41-44].

Большая часть городов России расположена на северных территориях, благодаря этому в России накоплен колоссальный опыт возведения энергоэффективных зданий в условиях низких температур. Главной особенностью проектирования домов в условиях Севера – является создание замкнутого контура. Помимо замкнутого контура дома имеют эффективную тепло-

изоляцию всех конструктивных элементов. Применяемые оконные конструкции позволяют минимизировать потерю тепла. При проектировании «северных зданий» используют систему рекуперации «отходов» тепла, также применяют энергосберегающую технику освещения [55,С.112-114].

Ярким примером строительства зданий по типу замкнутого контура являются кварталы в Норильске, представленные на рисунке 6.



Рисунок 6 – Кварталы в Норильске по типу замкнутого контура

Применение замкнутого контура, позволяет препятствовать попаданию холодных потоков [61-63].

В городах с пониженными температурами при строительстве зданий применяют решения по возведению сооружения с цокольно-фундаментной частью. Что касается тепловой изоляции стен, то лучшим решением является применение сэндвич-панелей. Важным элементом является не только тепло-

изоляция фундаментов, стен и кровли, но и светопрозрачных конструкций. Сокращение теплопотерь через окна решается путем использования конструкций оконных блоков с заполнением инертными газами [64-67]. В условиях крайнего Севера крайне необходима организация приточно-вытяжной вентиляции, поэтому весьма эффективным для таких районов явилась вентиляционная система с рекуперацией тепла [71-73].

Согласно данным Минэкономразвития РФ: «энергоэффективность отечественной экономики за последние 10 лет возросла на 13%». Однако, показатель отечественной энергоэффективности остается ниже среднемирового показателя, но с учетом континентального и резко континентального климатов (холодная зима, требующая затрат энергии на отопление, и жаркое лето с кондиционированием), результат является не сильно плохим.

Наряду с Российскими городами, в Западных и Европейских странах политика энергоэффективного строительства не менее актуальна.

Ярким примером энергоэффективного строения является проект по реконструкции склада пива в штате Калифорнии городе Сан-Франциско, представленный на рисунке 7 [40].



Рисунок 7 – Склад пива в Сан-Франциско

Фасад склада выполнен из перфорированного металла, несущего функцию солнцезащиты и позволяющего зданию иметь естественную вентиляцию. Кроме того на кровле здания выполнен «зеленый пирог». В здании разработан ряд мер по сбору и рециркуляции воды, а также другие технологические особенности позволяющие получить «Gold LEED rating» [26].

Еще одним примером энергоэффективного здания является лаборатория энергии при Подготовительной Академии Гавай, представленная на рисунке 8.



Рисунок 8 – Лаборатория энергии при Подготовительной Академии Гавай

Лаборатория представляет собой пример образовательного учреждения получившего «LEED for Schools Platinum rating». Во время строительства лаборатории с южной стороны фасада применялись солнцезащитные элементы. Необычная форма кровли лаборатории позволяет защищать здание от холодных потоков северных ветров и обеспечивает вентиляцию внутри здания. Участки кровли ориентированные на юг используются для гелио элементов.

Вода с кровли собирается в резервуар, и частично используется циклично [69]. Более 70% оконных проемов ориентированы на юг.

В одном из городов Северо-Западной Англии было возведено офисное здание One Angel Square, представлено на рисунке 9.



Рисунок 9 – Angel Square, Манчестер

Особенность здания заключается в том, что в дневное время суток здание генерирует солнечную энергию для дальнейшего использования в ночное время. Благодаря разработанной двойной конструкции фасада в здании есть возможность сэкономить на отоплении. Еще одной важной функци-

ей офисного здания является переработка дождевой воды и обеспечение здания естественной системой вентиляции [17-20].

Оконные проемы офисного здания расположены под углом для достижения большей светопропускаемости [21-24]. Между двумя остекленными слоями фасада над оконными проемами установлены элементы солнцезащиты.

Наиболее выдающимся примером энергоэффективного здания является строящийся в Лондоне LSE's New Students' Centre, представленный на рисунке 10.



Рисунок 10 – LSE's New Students' Centre

В проекте здания LSE's New Students' Centre выполнены все общие технологические рекомендации и методы. Фасад здания спроектирован из перфорированных панелей, выполняющих функцию солнцезащиты.

На сегодняшний день большинство отечественных компаний не имеют представления о структуре энергопотребления. У множества предприятий отсутствует понятие о том, какие объекты потребляют больше электроэнергии, а какие меньше, что приводит к тому, что предприятие не имеет возможности отобразить и проанализировать свою модель расхода энергии, что впоследствии приводит к невозможности выстроить конструктивные отношения с поставщиками энергоресурсов.

Для достижения успеха в политике энергоэффективности необходим комплексный подход мер по энергосбережению.

Внедрение современных систем учета, применение инновационных технологий и разработка продуктивных финансово-экономических рычагов управления производственными процессами и потреблением энергоносителей способны не только существенно увеличить эффективность использования ресурсов, но и создать задел на будущее.

1.2 Общие принципы и особенности при проектировании и строительстве энергоэффективных многофункциональных малоэтажных зданий

Строительство энергоэффективных зданий получило распространение в современном строительстве [39].

При возведении энергоэффективных зданий необходимо учитывать климатические показатели, а также природные особенности, такие как количество солнечных лучей, роза ветров, количество осадков и т.д.

Рассмотрим основные направления потерь при строительстве малоэтажных зданий:

- вентиляционная система – потери составляют 25-35 % от всех потерь здания;
- конструкция стены несет 20-35 % от всех потерь здания;
- на конструкцию кровли, в зависимости от сложности, приходится 10-25 % от всех потерь здания;
- конструкция пола принимает на себя 3-6% потерь;
- оконные и дверные проемы теряют от 15 до 30 %.

На рисунке 11 представлены основные направления потерь в малоэтажном здании.



Рисунок 11 – Основные направления потерь в малоэтажном здании

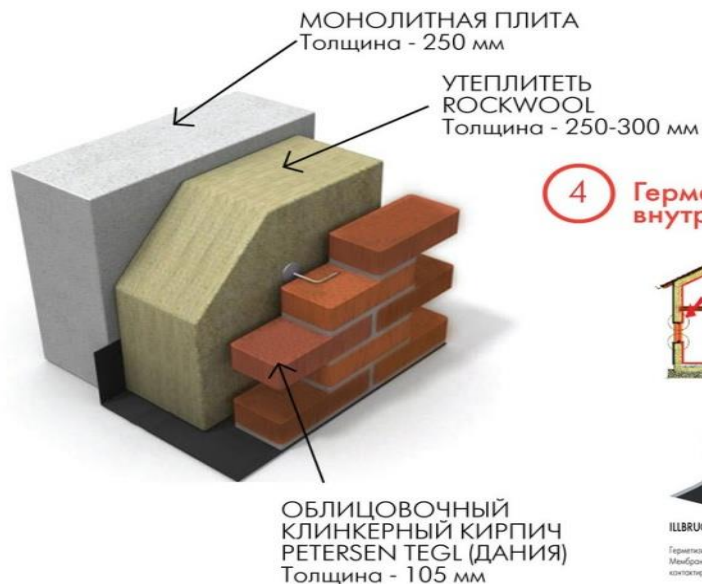
При строительстве энергоэффективных зданий необходимо пользоваться комплексным подходом, нужно соблюдать следующие принципы [25,37-38]:

- осуществлять подбор наиболее эффективных материалов, позволяющих сохранять тепло;
- выбирать наиболее оптимальную планировку;
- улучшить конструкцию оконных блоков и учитывать расположение стеклянных конструкций с учетом потребления солнечных лучей;
- увеличить термическое сопротивление ограждающих конструкций;
- создание системы вентиляции для подачи свежего воздуха, удаления отработанного воздуха, распределения тепла в помещении и организация регенерации тепла вентиляционного воздуха.

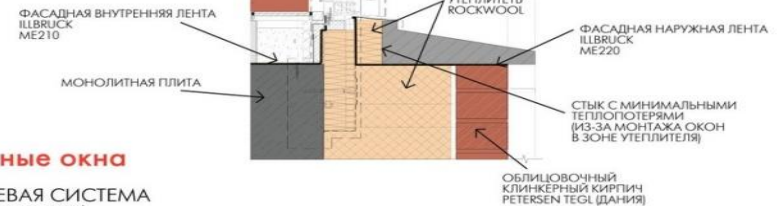
На рисунке 12 приведены примеры инновационных технологий в строительстве энергоэффективного здания [27,28,30].

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ в строительстве энергоэффективного здания

1 Повышенная теплоизоляция вентилируемый фасад



2 Отсутствие тепловых мостов в ограждающих конструкциях



3 Энергоэффективные окна

ОКОННАЯ АЛЮМИНИЕВАЯ СИСТЕМА REYNAERS ALUMINIUM (БЕЛЬГИЯ) CS 86-HI

Высокое энергосбережение
Concept System® 86-HI является термозащитированной оконной системой внутреннего открывания. Материал отвечает самым высоким требованиям по изоляции, безопасности и прочности. Сочетание надежных профилей и многокамерного термостойкого пластика обеспечивает исключительную прочность и ударопрочность, звуко- и воздухопроницаемость. Система идеально подходит для применения в ней двухкамерных стеклопакетов.

Коэффициент теплопроводности (Uf) системы снижен до 1,2 Вт/м²К для обычной оконной конструкции. Это делает материал одним из самых эффективных с точки зрения энергосбережения на сегодняшний день. Система CS 86 получила высший сертификат энергоэффективности сертификата Минериф и Минериф-Ф. Что касается безопасности, система CS 86-HI предоставляет защиту от взлома 2-го и 3-го классов, что гарантирует высочайший уровень безопасности.

Широкие возможности комбинирования окон системы CS 86 с дверной системой того же типа, с раздвижной системой CP 155 и дверью-гармошкой CF 77 делают данную систему в высшей степени универсальной для всех архитектурных концепций.



4 Герметичная воздухонепроницаемая внутренняя оболочка здания



ILLBRUCK ME220 EPDM — НАРУЖНАЯ МЕМБРАНА

Герметизирующая мембрана Illbruck ME220 на основе EPDM (EPM). Мембрана не содержит растворителей, пропанона и повреждающих контактируемые поверхности.



ILLBRUCK ME210 BUTYL — ВНУТРЕННЯЯ МЕМБРАНА

Синтетическая претинируемая мембрана Illbruck ME210 Butyl на основе бутадиена. Не содержит растворителей, пропанона и повреждающих контактируемые поверхности.

5 Механическая система вентиляции с высокоэффективной рекуперацией тепла

AeroMaster XP

28-канальная Приточно-вытяжная Система AeroMaster XP. При расчете помещения, ее проектировании, монтаже и эксплуатации экологичности, и энергоэффективности всегда учитываются и используются самые современные достижения и технологии расчета, проектирования и монтажных технологий.

- 1 Прогрессивная конструкция – отличная цена, энергоэффективность и монтажные удобства
- 2 Приток – эффективный уровень параметров воздухообмена (до 180%)
- 3 Экологичность – диалект, конформная, безопасная
- 4 Прямые каналы – соответствие монтажные и пользовательские требования
- 5 Высокая эффективность системы рекуперации – эффективные системы
- 6 Приток и вытяжка
- 7 Гарантийная надежность
- 8 Быстрая установка – высокая скорость монтажа
- 9 Комплексное решение проектирования – полный цикл



Рисунок 12 – Пример инновационных технологий в строительстве энергоэффективного здания

При проектировании энергоэффективного здания можно выделить следующие подразделы:

а) посадка дома на местности:

- 1) при посадке здания на местности необходимо учитывать ориентацию его по сторонам света, а именно: ветрозащита северной стороны здания и открытость здания с юга;

б) объемно-планировочные решения:

- 1) при проектировании здания необходимо придерживаться принципа компактности здания: уменьшить площадь ограждающих конструкций относительно полезной площади самого здания;
- 2) зонирование дома достигается путем разделения на буферные (так называемые не отапливаемые помещения) и жилые зоны. При проектировании необходимо учитывать, что неотапливаемые, а также вспомогательные помещения необходимо размещать с северной стороны, а жилые зоны максимально на юго-востоке;
- 3) при проектировании здания необходимо предусматривать устройство защитных конструкций (балконы, карнизы, террасы), препятствующих прямому попаданию солнечных лучей;

в) расположение светопрозрачных конструкций:

- 1) на этапе проектирования с северной стороны необходимо исключить все светопрозрачные конструкции;
- 2) с южной стороны необходимо расположить максимальное количество оконных конструкций, для максимального попадания солнечных лучей вовнутрь здания;
- 3) соотношение светопрозрачных конструкций к площади ограждающих, должно составлять: с южной стороны 70-80 %,

с восточной стороны 20-30%, с западной стороны 0-10 % и с северной стороны 0 %;

г) изоляция поверхностей:

- 1) для достижения высокого качества при производстве теплоизоляционных работ, необходимо в полной мере выполнять утепление всей площади ограждающих конструкций, а также конструктивных элементов здания: фундамент, стены, полы, крыша и т.д.;
- 2) важной составляющей при производстве теплоизоляционных работ является применение только качественных теплоизоляционных материалов;
- 3) при выполнении теплоизоляционных работ необходимо соблюдать технологию выполнения работ – нанесенная теплоизоляция должна обеспечивать отсутствие щелей между ее частями, деталями, швами;
- 4) важной составляющей при производстве теплоизоляционных работ является отсутствие мостиков холода (данный показатель контролируется при помощи тепловизора путем замера полей температур поверхности ограждающих конструкций);
- 5) в процессе производства теплоизоляционных, необходимо создать герметичную воздухопроницаемую оболочку здания (проверяется тестом Blower Door);

д) инженерные системы:

- 1) при проектировании здания, необходимо разрабатывать систему механической вентиляции с высокоэффективной рекуперацией тепла;
- 2) при возведении здания нужно предусматривать установку дополнительного оборудования, так как это позволяет осу-

ществлять пассивный предварительный подогрев (или охлаждения) воздуха или воды;

е) герметичность здания:

- 1) неконтролируемые утечки через зазоры должны быть меньше, чем 0,6 на общий объем дома в час во время теста (избыточного давления 50 Па);
- 2) герметичность здания достигается путем уменьшения или полного отсутствия термических мостиков.

В результате применения всех вышеперечисленных условий, можно сэкономить большое количество энергии. Благодаря соблюдению всех рекомендаций на практике будет получен пассивный дом, в процессе эксплуатации которого на отопление и охлаждение требуется не более 20% от обычного дома.

1.3 Выявление особенностей и недостатков проектирования энергоэффективных многофункциональных малоэтажных зданий

В области проектирования энергоэффективных домов на сегодняшний день не сформирована единая методика выбора комплекса мероприятий по энергоэффективности. Однако с точки зрения экономик энергоэффективного строительства, можно дать положительный ответ. Прежде всего, надо помнить, что принятые у нас нормы тепловой защиты домов намного ниже, чем в других странах. Кроме того, строительство энергоэффективных домов выгодно, потому что увеличение расходов на строительство таких домов можно быстро компенсировать. При эксплуатации энергоэффективного дома использование электроэнергии уменьшается на половину, это значит, что, модернизируя дом можно сэкономить 50% на его содержании.

Выводы по первой главе

- проведен анализ в области отечественного и зарубежного строительства энергоэффективных зданий;
- изучен вопрос в области ресурсосбережения и энергоэффективности;
- изучена нормативная база в области современного строительства с учетом модернизации технологий, повышения требований по энергоэффективности, безопасности и качеству строительных работ, а также по улучшению экологической и эстетической ситуации;
- выявлены ключевые особенности при проектировании и устройстве энергоэффективных зданий;
- были выявлены общие принципы и особенности при проектировании и строительстве энергоэффективных малоэтажных зданий;
- произведен анализ достоинств в области строительства малоэтажных энергоэффективных зданий;
- произведен анализ недостатков в области строительства малоэтажных энергоэффективных зданий;
- рассмотрен вопрос применения технологий для возведения энергоэффективных зданий в мировом ракурсе.

Глава 2. Проведение комплексного анализа в области малоэтажного строительства зданий

2.1 Сбор общих сведений об объекте строительства

Перед проведением энергосберегающих мероприятий необходимо провести анализ основных характеристик строящегося здания путем сбора сведений об объекте строительства.

Здание коттеджного типа, расположенное в г. Тольятти село Подстепки представляет собой двухэтажное строение с отапливаемым подвалом.

Размеры в плане составляют 10,0х10,0 м. Количество этажей – 2. Высота этажа составляет 3,2 м.

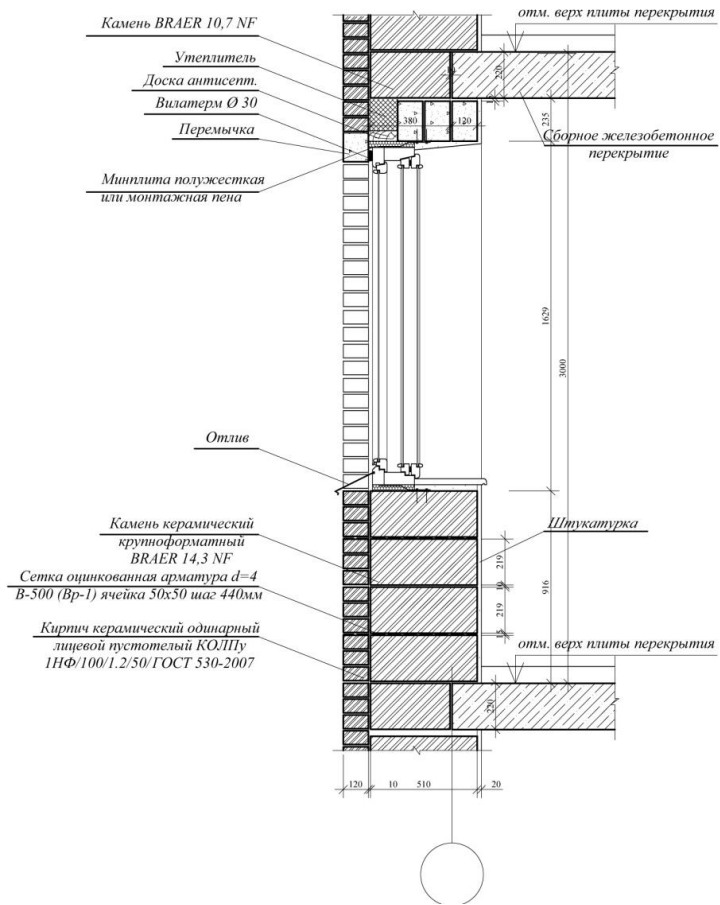
Фундаменты выполнены сборные ленточные из бетонных блоков типа ФБС на бетонной подушке [45-48].

Конструкция наружной стены выполнена из керамических блоков BRAER с облицовкой стены кирпичом керамическим одинарным пустотелым (Рисунок 13 а,б).

Оконные проемы выполнены из однокамерного стеклопакета со стеклами с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy).

Стена несущая

Сечение 1-1



а)

б)

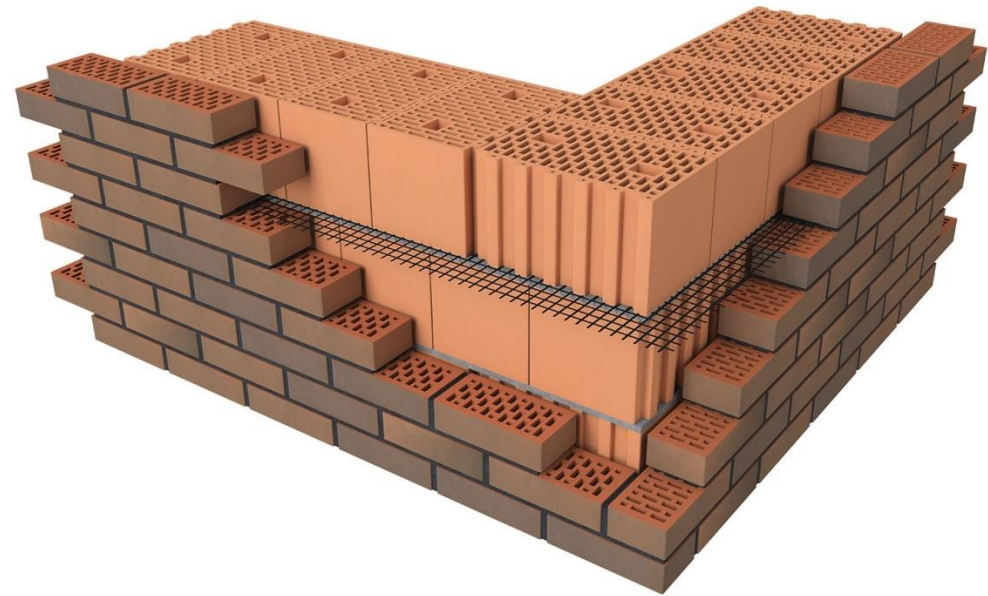


Рисунок 13 а,б – Конструкция стены

2.2 Анализ выбранных современных материалов, используемых при строительстве многофункционального малоэтажного здания

При строительстве малоэтажного здания коттеджного типа для повышения энергоэффективности здания были выбраны камень керамический крупноформатный BRAER 14.3 NF с размерами 510x250x219 мм, представленный на рисунке 14 и окна из однокамерного стеклопакета со стеклами с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy), представленные на рисунке 15.



Рисунок 14 – Камень керамический крупноформатный BRAER 14.3 NF



Рисунок 15 – Окна из однокамерного стеклопакета со стеклами с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy)

Подобранные ранее материалы обладают следующими преимуществами:

- а) камень керамический крупноформатный BRAER 14.3 NF:
 - 1) керамические блоки производятся на современных европейских установках, благодаря полной автоматизации производства, керамические блоки имеют минимальный показатель появления брака. После прохождения каждого этапа производства, керамический блок подвергается обязательному кон-

тролю, путем выполнения замеров и проведения тестов. После просушивания образца в сушильной камере, стеновые блоки необходимо протестировать на остаточную влажность, плотность, пустотность, вес. После обработки в длинной туннельной печи, дающей равномерный обжиг, устанавливается соответствие качества поризованных блоков нормам ГОСТа [32];

- 2) керамические блоки BRAER обладают отличной геометрической формой, характеризуются высокой однородностью состава, с постоянным размером пустот. Форматы изготавливаемых керамических блоков варьируются от 2,1 NF до 14,3 NF. На каждый керамический блок ставится знак качества BRAER. После проставления знака качества, керамические блоки BRAER, помещаются на специальные поддоны для дальнейшей транспортировки. После чего блоки заворачиваются в фирменную пленку BRAER и отправляется на продажу [32];
- 3) отличные теплотехнические характеристики крупноформатных керамических блоков БРАЕР достигаются за счет высокого процента пустотности (ок. 59%), поризованной структуры камня и наличия системы паз-гребень, которая позволяет уменьшить теплопотери из-за отсутствия раствора в вертикальных швах. Низкий коэффициент теплопроводности 0,14-0,18 Вт/(м*С) сравним с показателями древесины. Блоки обладают следующими характеристиками: водопоглощение- 11÷04%; морозостойкость-F50; размер- 510x250x219 мм; марка- М125; теплопроводность ед. изделия- от 0,1Вт/(м°С); теплопроводность от 0,14Вт/(м°С) [33];

- 4) керамические блоки имеют небольшой коэффициент теплопроводности, благодаря чему хорошо сохраняют тепло. Хорошие теплоизоляционные свойства керамических блоков позволяют применить однослойную конструкцию наружной стены (блоков толщиной 510 мм) с использованием «теплого» раствора, то есть без дополнительного утепления [35];
 - 5) из-за своего крупноформатного размера и правильной геометрии (которую имеют качественные керамические блоки), для соединения блоков при кладке стен потребуется меньше раствора, чем для кирпича стандартного размера, имеющего неровную форму. Плюс к этому при стыковке блоков по вертикали раствор не требуется, что уменьшает количество «мостиков холода» в стене [35];
 - б) по данным производителей, срок службы керамических блоков составляет не менее 150 лет. Они устойчивы к воздействиям окружающей среды, в частности, отличаются повышенной морозостойкостью, стойкостью к воздействию УФ-лучей. Кроме того, поризованные блоки обладают хорошими прочностными характеристиками [35];
 - 7) керамические блоки способны создавать комфортный и естественный микроклимат в помещениях дома круглый год: летом дом не будет перегреваться (за исключением, возможно случаев аномальной жары и особенностей расположения дома), а зимой не будет выпускать выработанное тепло наружу. Данная закономерность работает и при смене времени суток [35];
- б) окна из однокамерного стеклопакета со стеклами с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy):

- 1) мультифункциональное стекло Energy нового поколения защищает помещение от теплотерь, а также предотвращает перегревание помещения. Температурный режим помещения находится под контролем, благодаря мультифункциональному стеклу Energy [34];
- 2) мультифункциональное стекло на просветленной основе позволяет добиться не только превосходных энергосберегающих и солнцезащитных свойств, но и исключить зеленоватые оттенки остекления. Визуально фасад здания становится нейтральным, прозрачным и легким, а в помещении всегда светло и комфортно [34];
- 3) высокие показатели светопропускания и теплопередачи позволяют использовать Energy в различных климатических зонах. Технические характеристики Energy N/NT дают возможность защитить помещение от теплотерь и вредных УФ-лучей, а преимущества мультифункционального стекла делают его идеальным решением для фасадного остекления объектов, как жилой, так и коммерческой недвижимости [31];
- 4) окна из однокамерных стеклопакетов с мультифункциональным стеклом Energy имеют отличный показатель теплопередачи и достойный солнцезащитный фактор позволяют эффективно защитить помещение от нагревания в летний период и, наоборот, обеспечить высокую теплоизоляцию в холодное время года (Светопропускание-64%; рефлексивность -26%; солнцезащита – 42%; энергоэффективность- $U_v=1,0$ и $R_0=0,68$) [31].

1.3 Теоретическое и практическое обоснование выбранных улучшенных материалов и конструкций путем расчета и замера тепловизором полученных конструкций

Практическая часть данной магистерской работы осуществлялась путем замера теплопотерь ограждающих конструкций в период окончания отопительного периода апрель 2021 г.

Средняя дневная температура наружного воздуха составляла $+7^{\circ}\text{C}$.

Замер показателей конструкции осуществлялся тепловизором TemPro VISION, фирма изготовитель ADA INSTRUMENTS, представленным на рисунке 16.



Рисунок 16 – Тепловизор TemPro VISION фирмы изготовитель ADA INSTRUMENTS

«ADA TemPro VISION - прибор позволяет фиксировать видимое и инфракрасное (ИК) изображения вместе с измеренными данными и сохранять их на карте памяти для последующего анализа, а также составления отчетов. Высокое разрешение ИК изображения достигается путем обработки данных от детектора (60x60 пикселе). Это позволяет повысить качество изображения в 2 раза» [29].

«Встроенная цифровая камера позволяет одновременно сохранять как термограмму, так и реальный цифровой снимок. Накладывая один снимок на другой легко распознать объект, как в процессе измерений, так и при дальнейшей демонстрации или просмотре сохраненных данных. Интенсивность наложения ИК изображения и реального снимка можно выбирать. Точки критических температур видно непосредственно на дисплее тепловизора. Правильно выбранная в меню прибора цветовая палитра позволит получить более четкое и информативное изображение. Настройка температуры окружающей среды в меню помогает получить самые точные данные измерения температуры объектов» [29].

«Устройство электронное для измерения температуры ADA TemPro VISION идеально подойдет для тепловизионных обследований как в быту, так и на производстве: мониторинг и обнаружения скрытых систем отопления и их разрывов, поиск утечек тепла и критических температур, безопасное наблюдение за температурой работающего или находящегося под напряжением оборудования, составления отчетов» [29].

Вышеуказанный тепловизор имеет следующие показатели (Смотри рисунок 17):

- temp.range: -20°C - 300°C (-4°F -572°F);
- accuracy: ±2.0°C (3,6°F); ±2%.



Рисунок 17 – технические характеристики тепловизора TemPro VISION фирмы изготовитель ADA INSTRUMENTS

Пример диаграммы замера обычного стеклопакета и энергоэффективного представлен на рисунке 18.

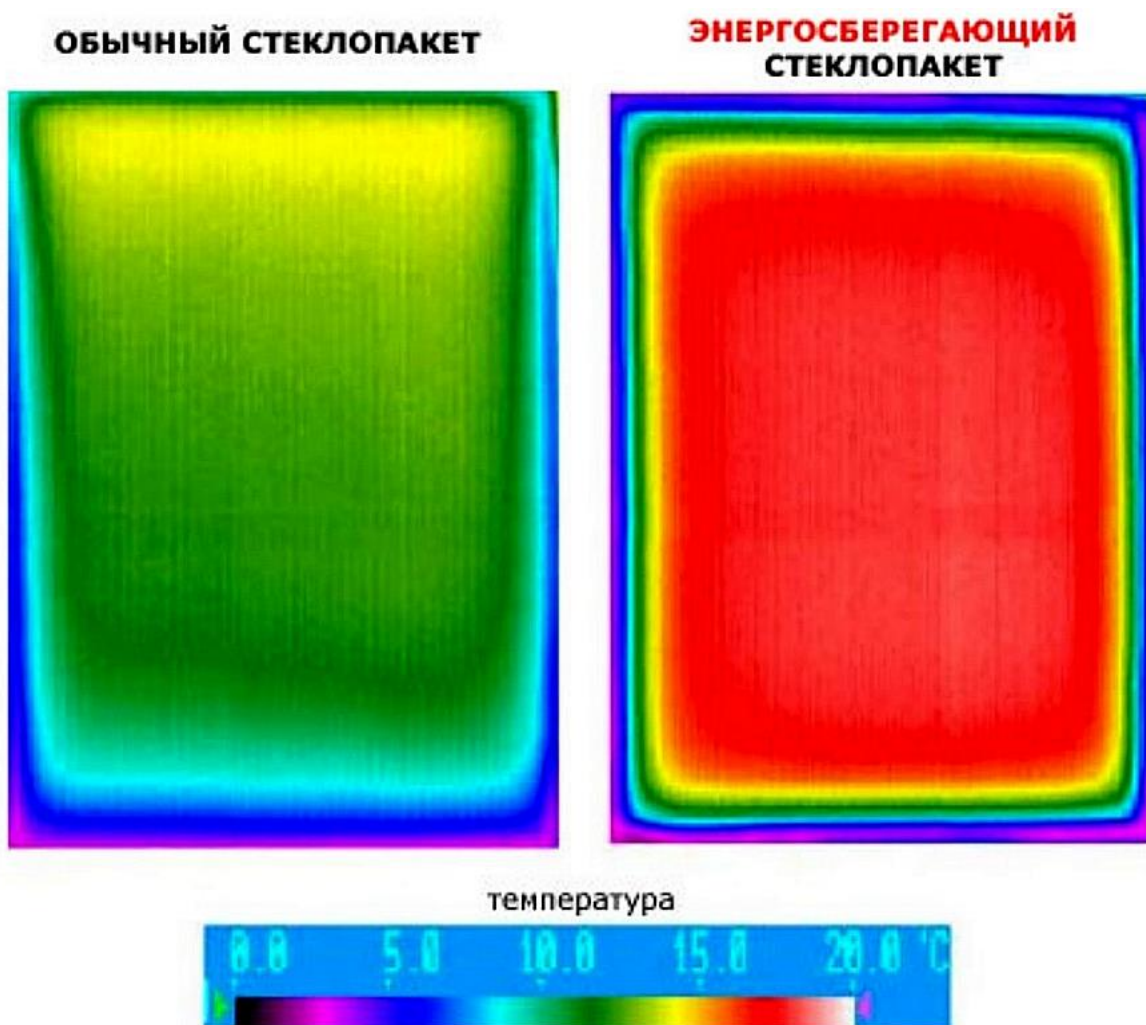


Рисунок 18 – Пример диаграммы замера обычного стеклопакета и энергоэффективного стеклопакета

В процессе проведения замеров на практике были получены следующие результаты (смотри Рисунок 19, 20).

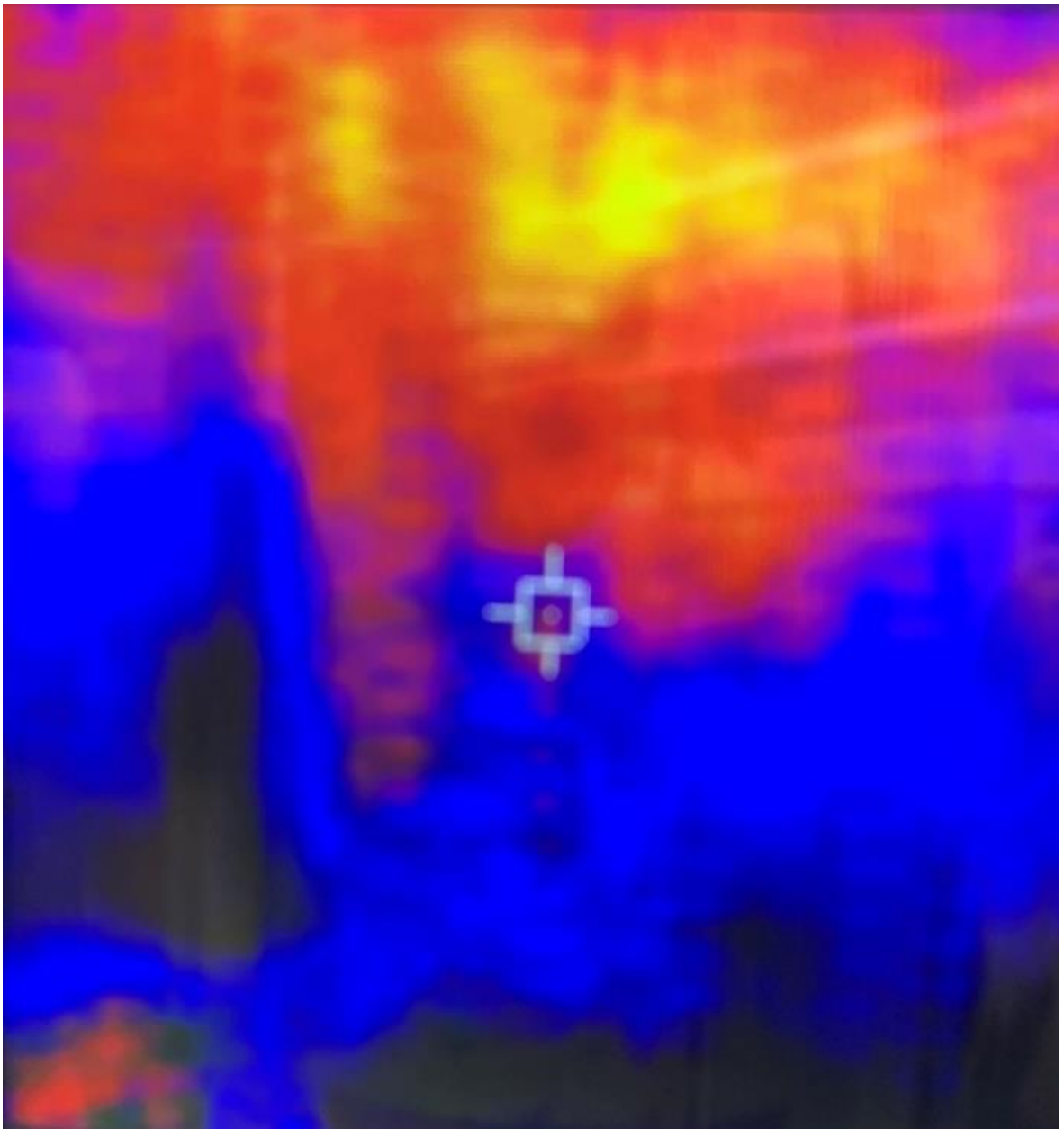


Рисунок 19 – Замер пластикового окна тепловизором TemPro VISION фирмы
изготовитель ADA INSTRUMENTS

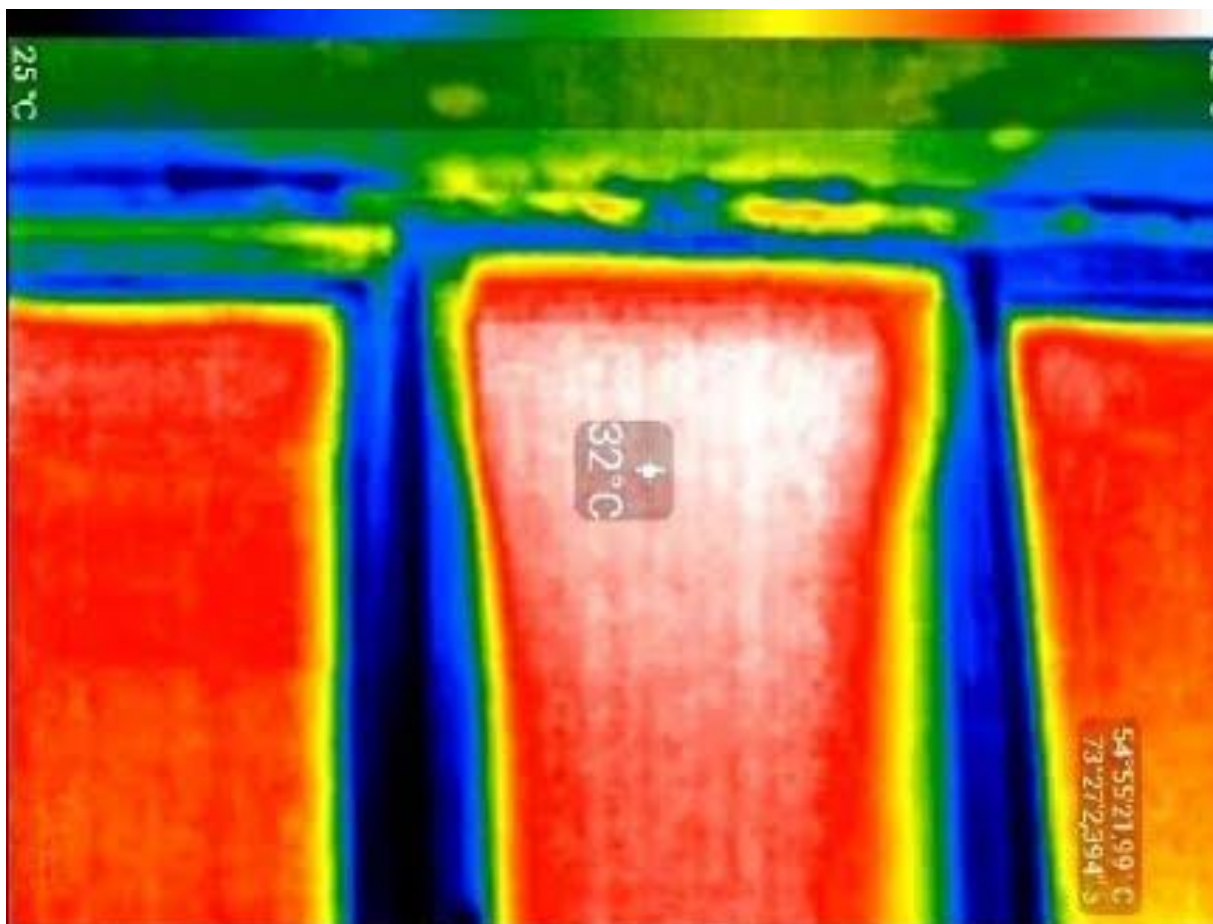


Рисунок 20 – Замер пластикового окна тепловизором TemPro VISION фирмы изготовитель ADA INSTRUMENTS со стеклами с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy

В результате проведенных замеров было доказано, что окна со стеклами с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy) являются наиболее энергоэффективными.

Для обоснования выбранной конструкция наружной стены выполненной из керамических блоков BRAER с облицовкой стены кирпичом керамическим одинарным пустотелым проведем теплотехнический расчет.

Исходные данные:

- наименование объекта - г. Тольятти село Подстепки представляет собой двухэтажное строение с отапливаемым подвалом;
- вид здания/помещения - I - Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития;

- температура внутреннего воздуха по ГОСТ 30494 - 23 °С;
- город Тольятти;
- перепад между температурой внутреннего воздуха и внутренней поверхностью стены - 7 °С.

Конструкция стены представлена на рисунке 21.

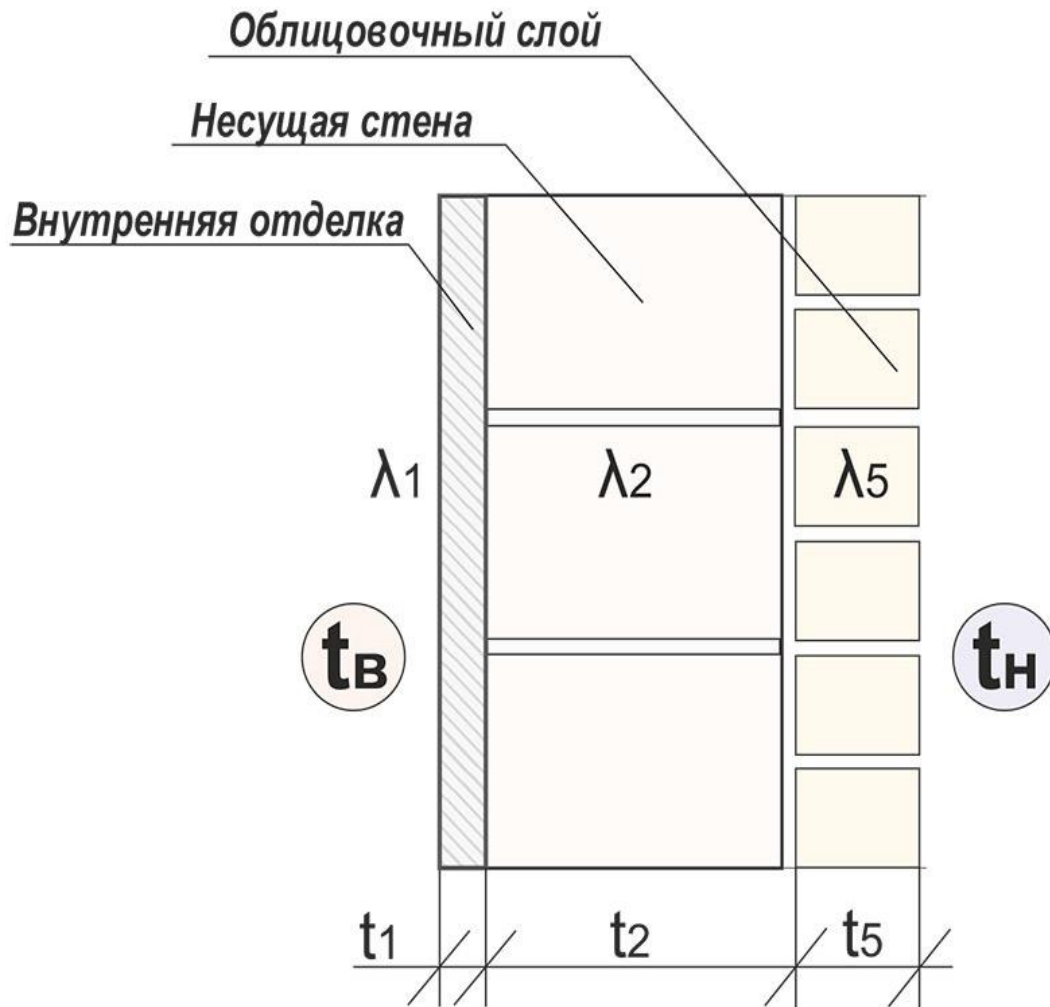


Рисунок 21 – Конструкция стены для проведения теплотехнического расчета

а) внутренняя отделка:

- 1) $t_1 = 10$ мм;
- 2) $\lambda_1 = 0.93$ Вт/м°С 2;

б) несущая стена:

1) $t_2 = 510$ мм;

2) $\lambda_2 = 0.14$ Вт/м°C;

в) облицовочный слой:

1) $t_5 = 120$ мм;

2) $\lambda_5 = 0.58$ Вт/м°C.

Результат теплотехнического расчета:

а) градусосутки отопительного периода определяется по формуле:

$$\Gamma_{\text{соп}} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot Z_{\text{от}} = 5166 \text{ }^\circ\text{C сут/год} \quad (1)$$

б) требуемые сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции:

$$R_{\text{тр1}} = a \cdot \Gamma_{\text{соп}} + b \quad (2)$$

$$R_{\text{мп1}} = 3,208 \text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

$$R_{\text{тр2}} = t_{\text{в}} - t_{\text{ндн}} \cdot 8,7 \quad (3)$$

$$R_{\text{тр2}} = 0,788 \text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

в) приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции:

$$R = \frac{t_1}{\lambda_1} + \frac{t_2}{\lambda_2} + \frac{t_3}{\lambda_3} + 1,23 + 18,7 \quad (4)$$

$$R = 4.019 \text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

$$R = 4.019 > R_{\text{тр}} = 3.208 \text{ м}^2\text{ }^\circ\text{C/Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче больше требуемого. Условие по теплозащите ограждающей конструкции выполняется. Подобранный энергоэффективный материал камень керамический крупноформатный BRAER 14.3 NF с размерами 510x250x219 мм отвечает требованиям теплотехнического расчета.

Помимо комплекса выбранных энергоэффективных материалов, при строительстве малоэтажного жилого здания необходимо сократить количество теплопотерь через систему вентиляции воздуха.

Обследование и модернизация систем вентиляции необходима для создания в помещениях комфортного микроклимата. Перед началом проведения мероприятий по модернизации системы вентиляции и электроснабжения необходимо провести обследование систем и собрать следующие данные.

Необходимо выделить основные типы систем вентиляции.

а) по способу перемещения воздуха:

- 1) естественная,
- 2) механическая,
- 3) комбинированная;

б) по направлению воздушного потока:

- 4) приточная вентиляция,
- 5) вытяжная вентиляция,
- 6) приточно-вытяжная вентиляция;

в) по месту действия:

- 7) обще обменная,
- 8) местная,
- 9) комбинированная;

г) по назначению:

- 10) аварийная,
- 11) рабочая.

Основные типы вентиляции представлены на рисунке 22.

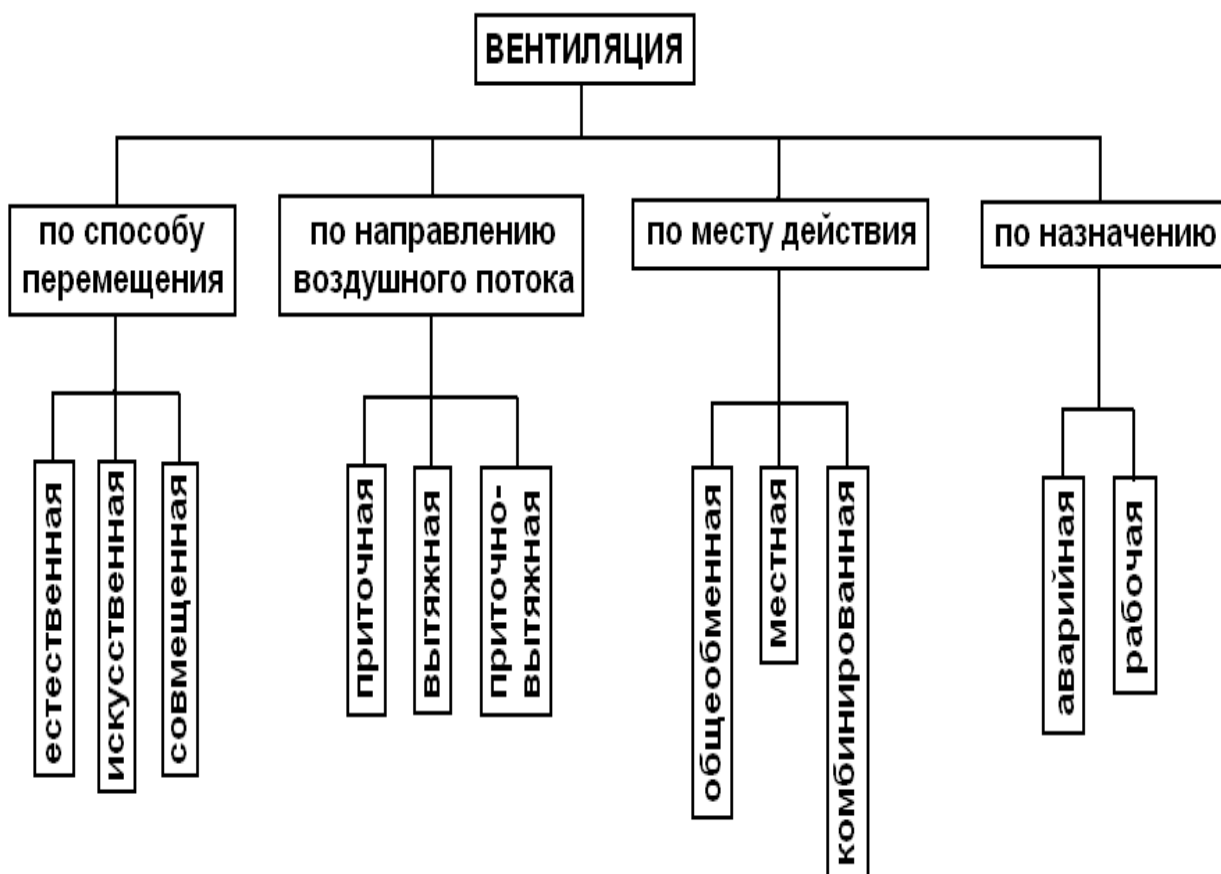


Рисунок 22 – Основные типы вентиляции

После выделения основных типов вентиляции, необходимо учесть техническое состояние всех элементов системы: выявить дефекты и неисправности. Определить герметичность воздуховодов. Протестировать систему на наличие механических повреждений приборов.

После чего необходимо провести замеры объема вытяжки воздуха. Произвести проверку на проходимость вентиляционных каналов.

Для предотвращения потерь через систему вентиляции необходимо обеспечить каждую комнату герметичной конструкцией светопрозрачных элементов, а также обеспечить приточные системы регулируемые устройства для подачи воздуха.

На сегодняшний день, существуют приточные клапана, встраиваемые непосредственно в конструкцию стены [15]. Благодаря устройству таких кла-

панов, пропадает необходимость держать окна открытыми для подачи воздуха.

Настройку показателя пропускной способности простого клапана можно осуществить вручную.

Управление наиболее сложных моделей осуществляется благодаря применению автоматики путем определения температуры наружного воздуха.

Применение приточных клапанов, при условии отсутствия воздухопроницаемости ограждающих конструкций, позволяет снизить показатель теплопотерь дома на 10%.

Приточные клапана можно устанавливать непосредственно в оконных системах. Пример установки приточного клапана в оконной системе представлен на рисунке 23.

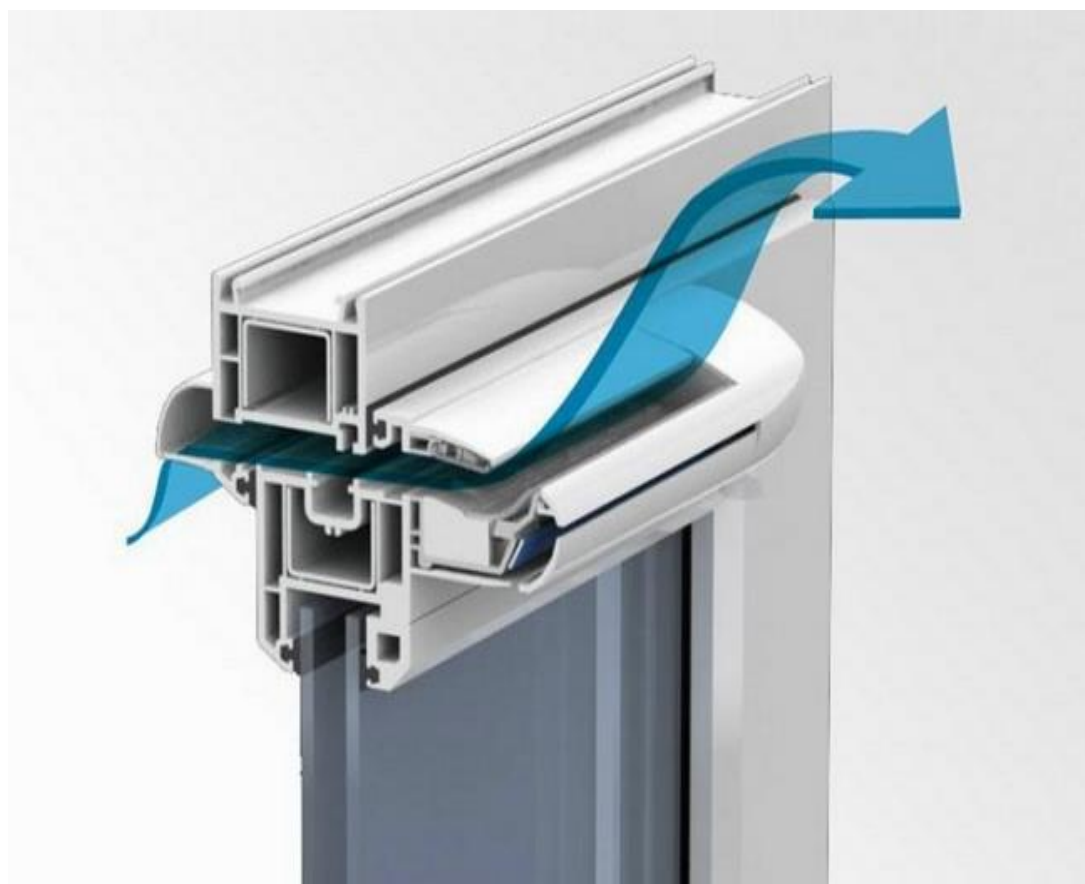


Рисунок 23 – Приточный клапан, обустроенный в оконных системах

Для предотвращения потери тепла через систему вентиляции, необходимо использовать систему вентиляции с рекуперацией. Пример системы с рекуперации тепла представлен на рисунке 24.



Рисунок 24 – Система вентиляции с рекуперацией тепла

«Вентиляция с рекуперацией тепла (Тепло reBCP), также известная как механическая вентиляция с рекуперацией тепла (МВХР), представляет собой систему вентиляции с рекуперацией энергии, которая работает между двумя источниками при разных температурах» [34,16].

«Рекуперация тепла - это метод, используемый для уменьшения требований к отоплению и охлаждению зданий. При рекуперации остаточного тепла в выхлопных газах свежий воздух, подаваемый в систему кондиционирования воздуха, предварительно нагревается (предварительно охлаждается), а энтальпия свежего воздуха увеличивается (уменьшается) до того, как све-

жий воздух поступает в помещение или воздухоохладитель кондиционера выполняет тепловлажностную обработку. Типичная система рекуперации тепла в зданиях состоит из основного блока, каналов для приточного и вытяжного воздуха и воздуходувных вентиляторов. Вытяжной воздух здания используется как источник тепла или теплоотвод в зависимости от климатических условий, времени года и требований здания. Системы рекуперации тепла обычно восстанавливают около 60-95% тепла в отработанном воздухе и значительно повышают энергоэффективность зданий» [34,74].

Передача тепла в системе с рекуперацией осуществляется через теплообменник, благодаря чему не происходит смешивания разных типов воздушных потоков. Наиболее часто такой вариант применяется с приточно-вытяжной вентиляцией. Однако данная конструкция предусматривает работу от энергосети.

Рекуперационная вентиляция является новым типом для отечественного пространства, поэтому пока технология не слишком распространена. Система с рекуперацией является энергоэффективной и позволяет экономить на отоплении (вентиляция не будет вытягивать из дома тепловую энергию).

Рекуперационная система вентиляции позволяет экономить на отоплении, а с учетом постоянно дорожающих энергоносителей, выходит весьма существенная сумма, которая быстро окупает все изначальные затраты.

При выборе теплообменного оборудования необходимо учитывать КПД оборудования. В зависимости от типа теплообменного оборудования этот показатель варьируется в пределах от 30 – 80%. Оптимальным считается теплообменник с КПД от 60 % [8,74].

Выводы по второй главе

— собраны сведения об объекте строительства;

- проведен анализ выбранных современных, используемых при строительстве материалов;
- проведено теоретическое обоснование выбранных улучшенных материалов и конструкций;
- выполнены практические замеры стеклопакетов с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy) при помощи прибора тепловизора;
- выполнены практические замеры обычного однокамерного стеклопакета при помощи прибора тепловизора;
- выявлены основные достоинства и недостатки выбранных энергоэффективных материалов;
- проведено обследование системы вентиляции;
- проведено обследование системы электроснабжения;
- представлена технология усовершенствования системы вентиляции.

Глава 3. Экономическое обоснование применяемых энергоэффективных материалов в области малоэтажного строительства зданий

3.1 Сравнение стоимости применяемых энергоэффективных материалов со стоимостью обычных

В результате детального анализа и проведения замеров повышения энергоэффективности строящегося малоэтажного жилого дома были подобраны следующие материалы:

- камень керамический крупноформатный BRAER 14.3 NF;
- окна из однокамерного стеклопакета со стеклами с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy).

Для определения фактических затрат, было проведен мониторинг рынка, в результате чего было выявлено, что стоимость одного блока BRAER 14.3 NF в сравнении с обычным шлакоблоком составила 321,23 руб./шт (Таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение стоимости стеклопакетов

Тип блока	Керамзитобенные блоки	Камень керамический крупноформатный BRAER 14.3 NF
Размер	510x250x219	510x250x219
Стоимость	210,00 руб.	259,30 руб.

Применение на практике стеновых блоков Браер позволяет минимизировать затраты на строительство и приводит к сокращению сроков строительства.

За счёт крупного формата блоков Braer при строительстве малоэтажного дома сокращается расход раствора, требуемого для монтажа конструкций, что приводит к увеличению производительности труда.

Благодаря пористой структуре вес блока незначителен, следовательно, нагрузка на фундамент уменьшается, что приводит к экономии при устройстве фундамента.

Керамические блоки высоконадёжны и прочны, не требуется особых экономических усилий для поддержания в хорошем состоянии зданий, сооружённых с их помощью.

Для проведения расчета примем малоэтажный дом с размерами в плане 10,0х10,0 м, высота этажа 3,2 м, количество этажей 2. Наружная облицовка представлена в виде облицовочного кирпича [49-51,54].

Стоимость возведения стен 2-х этажного дома из камня керамического крупноформатного BRAER 14.3 NF составляет 1 629 646,48 руб.

Подробный расчет представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость возведения стен 2-х этажного дома из камня керамического крупноформатного BRAER 14.3 NF

Материалы	Кол-во	Цена за ед.	Стоимость
Облицовочный кирпич BRAER, 1,4 NF 250х120х88, Красный, Гладкий	9 856 шт. (30,6 т, 28 поддонов)	40,46 руб.	398 773,76 руб.
Керамический блок BRAER THERMO 14,3 NF 510х250х219	4200 шт (100.8 т, 105 поддонов)	259,30 руб.	1 089 060,00 руб.
Цветная кладочная смесь FL75, Серый	337 меш.	375,56 руб.	126 563,72 руб.
Раствор кладочный теплоизоляционный BRAER LM 21 M50, 20кг	420 меш.	474,86 руб.	19 411,20 руб.
Гибкие связи для кладки	1 173 шт.	13 руб.	15 249,00 руб.

Стоимость возведения стен 2-х этажного дома из керамзитобетонных блоков составляет 1 960 850,20 руб.

Подробный расчет представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Стоимость возведения стен 2-х этажного дома из керамзитобетонных блоков

Материалы	Кол-во	Цена за ед.	Стоимость
Облицовочный кирпич 250x120x88, Красный, Гладкий	9 856 шт. (30,6 т, 28 поддонов)	40,46 руб.	398 773,76 руб.
Керамзитобетонный блок 510x250x219	4200 шт (100.8 т, 105 поддонов)	210,00 руб.	882 000,00 руб.
Цветная кладочная смесь FL75, Серый	337 меш.	375,56 руб.	126 563,72 руб.
Раствор кладочный теплоизоляционный BRAER LM 21 M50, 20кг	420 меш.	474,86 руб.	19 411,20 руб.
Гибкие связи для кладки	1 173 шт.	13 руб. (средняя цена по рынку)	15 249,00 руб.
Утеплитель минераловатный, 50 мм	246.288 м ²	658,67 руб.	162 222,52 руб.
Тарельчатый дюбель для утеплителя	1 877 шт.	190 руб.	356 630 руб.

Экономия при возведении стен 2-х этажного дома из камня керамического крупноформатного BRAER 14.3 NF в сравнении с возведением стен из керамзитобетонного блока составляет 331 203,72 руб. или 33,8% [56-58].

Для определения фактических затрат, было проведен мониторинг рынка, в результате чего было выявлено, что стоимость однокамерного стеклопакета со стеклами с энергосберегающим покрытием AGC в сравнении с обычным стеклопакетом составила 1719 руб. (Таблица 4)

Таблица 4 – Сравнение стоимости стеклопакетов

Тип стеклопакета	Обычный стеклопакет	Мультифункциональный стеклопакет
Размер	575 x 1300	575 x 1300
Стоимость стеклопакета	2 325 руб.	1 719 руб.

Экономия в стоимости одного окна с однокамерным стеклопакетом с энергосберегающим покрытием AGC (Мультифункциональное стекло Energy) в сравнении с обычным стеклопакетом составляет 606,00 руб. или 35,25 %[59-60].

3.2 Динамика изменения удельного расхода энергии на отопление и вентиляции за отопительный период после применения энергоэффективных материалов

В результате применения энергоэффективных материалов, было выявлено снижение удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию.

Согласно статистике:

- с 2011 года нормируемый удельный расход энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период был уменьшен на 15 % по сравнению с базовым уровнем, достигнутым 1 января 2008 года;
- с 2016 года - на 15 % по сравнению с предыдущим показателем;
- с 2020 года - еще на 10 %».

По мнению специалистов, в области энергосбережения, возводимые здания, являются важнейшим источником загрязнения окружающей среды и основным потребителем энергии. Рост потребления топливных ресурсов, приводит к увеличению показателей выбросов парниковых газов в атмосферу.

64% всех потребляемых энергоресурсов (отопление, водоснабжение) в мире приходится на Россию. Данный показатель расхода тепловой энергии в 3 раза превышает, показатели европейских стран.

По статистике Национального агентства малоэтажного и коттеджного строительства, на обогрев одного квадратного метра жилья в России расходуется в среднем 13 литров условного топлива в год. При этом в Канаде, государстве с аналогичными климатическими условиями, этот показатель равен 3,5-4 литра в год. Резерв энергосбережения в строительной сфере и жилищно-коммунальном хозяйстве составляет не менее 400 миллионов тонн условного топлива в год, что соответствует 30-40% всего энергопотребления.

Применяемый комплекс инновационных энергоэффективных материалов (камень керамический крупноформатный BRAER 14.3 NF и окна из однокамерного стеклопакета с ультифункциональным стеклом Energy) позволяет с высокой эффективностью решать задачи экономии энергии на поддержание комфортного микроклимата в помещениях в любых климатических поясах.

Благодаря применению энергосберегающих материалов при строительстве малоэтажного здания, можно сберечь определенное количество энергоресурсов, что приводит к увеличению потенциала энергосбережения.

Результаты расчета эффективного использования энергетических ресурсов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчета эффективного использования энергетических ресурсов

Наименование ресурса	Запас энергосбережения в годовом эквиваленте			
	Ед. изм.	в натуральном выражении	в стоимостном выражении, тыс.руб	в процентном выражении, %
Электроэнергия	тыс.кВт·ч	29,3	96,4	29,3
Тепловая энергия	Гкал	194,2	245,2	72,2

Согласно таблице 5, запас энергосбережения в стоимостном выражении составил 341,6 тыс.руб. или 101,5 %. Расчет энергопотенциала основывается на проведении обследования постройки, а также проведении экономического расчета.

Благодаря современному подходу к проектированию и строительству зданий и сооружений, появляется возможность возводить здания с учетом существующего ландшафта, при этом также уменьшается негативное воздействие на окружающую среду, с сохранением комфортной среды для проживания человека.

3.3 Разработки в области энергоэффективного строительства

На сегодняшний день в области энергоэффективного строительства были достигнуты определенные положительные результаты.

Согласно оценки экспертов в области энергоэффективного строительства, Россия в 2019 году занимала 12 место в мире по энергорасточительности, однако применение энергосберегающих технологий на 2022 год привело Россию к повышению статуса энергосберегающего Государства.

Благодаря политике энергоэффективности были разработаны:

- требования по составу и содержанию энергетического паспорта проекта энергоэффективного жилого и общественного здания с методикой определения классов энергоэффективности;
- нормы и правила по проектированию автоматизированных энергоэффективных систем отопления многоквартирных жилых домов с поквартирным учетом расхода тепла;
- показатели энергоэффективности, включая теплозащиту жилых и общественно-деловых зданий как существенной части критериев оценки «зеленого» строительства;

- нормы и правила по расчету тепловых нагрузок на системы отопления, охлаждения и вентиляции жилых и общественно-деловых зданий. Требования к автоматизации тепловых вводов в здания;
- нормы и правила проектирования систем утилизации теплоты вытяжного воздуха для нагрева воды для горячего водоснабжения в жилых зданиях и приточного воздуха в общественно-деловых зданиях.

Выводы по третьей главе

- в результате сравнения стоимости применяемых энергоэффективных материалов с обычными материалами было установлено, что экономически выгодно использовать при строительстве зданий энергоэффективные материалы, ввиду отсутствия необходимости дополнительных материальных затрат на устройство теплоизоляционного слоя;
- анализ динамики изменения удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период за счет применения энергоэффективных материалов, показал, что благодаря высоким теплопроводным свойствам затраты на отопление были минимальны.

Заключение

Благодаря повышению экологичности материалов, на практике наблюдать рост в области их энергоэффективных свойств.

В работе предлагается комплекс мероприятий по повышению энергоэффективности с целью внедрения энергоэффективных материалов и инновационных технологий для повышения энергоэффективности малоэтажных зданий.

В ходе научно-исследовательской работы был разработан комплексный подход в области повышение энергоэффективности строящихся малоэтажных зданий путем внедрения энергоэффективных и инновационных материалов.

В процессе написания работы были решены следующие задачи:

- в результате изучения отечественного и зарубежного опыта в области возведения энергоэффективных жилых зданий были выявлены основные направления в политике энергоэффективности;
- рассмотрены основные достоинства при возведении многофункциональных энергоэффективных зданий;
- рассмотрены основные недостатки при возведении многофункциональных энергоэффективных зданий;
- определены существующие типы энергоэффективных строений;
- предложен комплекс материалов, позволяющий повысить показатель энергоэффективности строящегося многофункционального здания;
- обосновано теоретическая значимость выбранных улучшенных материалов и конструкций путем расчета и замера;
- обосновано практическая значимость выбранных улучшенных материалов и конструкций путем расчета и замера;

- проведен экономический анализ применяемых энергоэффективных материалов в сравнении со стоимостью обычных;
- произведен теплотехнический расчет выбранной конструкции стены;
- выполнено обследование систем вентиляции с последующей модернизацией;
- предложены инновационные приточные клапана для обустройства в современных оконных системах, позволяющие снизить общие теплотери дома.

В магистерской работе получен уникальный научный результат:

Предложен комплексный подход по применению инновационных материалов для строительства и возведения малоэтажных жилых зданий.

Разработан комплекс мероприятий по совершенствованию системы вентиляции.

Список используемых источников

1. Аналитический доклад о результатах выполнения в 1998-2000 годах I этапа Федеральной целевой программы "Энергосбережение России".
2. Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности в российской промышленности // Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ). Москва, 2013. - Режим доступа: www.cenef.ru (дата обращения: 04.12.2015).
3. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: Стратегия, ресурсы, технологии / Безруких П.П., Стребков Д.С. - М.: ВИЭСХ, 2005.
4. Безруких П.П. Использованию ВИЭ - государственную поддержку Энергия: экономика, техника, экология. - 2005. - N 8. –
5. Безруких П.П. Перспективы возобновляемой энергетики // Наука в России. - 2003. - N 4. 155. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П.Безруких, Ю.Д.Арбузов, Г.А.Борисов, В.И.Виссарионов; Под общ. ред. Безруких П.П.; Рос. акад. наук. Карел.науч. центр. Ин-т прикл. мат. исслед., АО "Новые и возобновляемые источники энергии". - СПб.: Наука, 2002. - 314 с.3 6-Р.443ч/з
6. Береговой А.М. Энергоэкономичные и энергоактивные здания : учебное пособие / А.М. Береговой. - Пенза : Пензенская архитектурно- строительная академия, 1997. - 155 с.
7. Богданович П.Ф. Основы энергосбережения : учебное пособие / П.Ф. Богданович, Д.А. Григорьев, В.К. Пестис. - Гродно : ГГАУ, 2007. - 174 с.
8. Богословский В.Н. Отопление : учебник для вузов / В.Н. Богословский, А.Н. Сканава. - Москва : Стройиздат, 1991. — 735 с.
9. Вайцекер Э. Фактор четыре. Новый доклад Римскому клубу / Э. Вайцекер, А. Ловенс, Л. Ловенс. - Москва : Academia, 2000. - 400 с.

10. Вайцзеккер Э. Фактор пять. Формула устойчивого роста : доклад Римскому клубу / Э. Вайцзеккер, К. Харгроуз, М. Смит. - Москва : АСТ-Пресс КНИГА, 2013. - 368 с.
11. Варнавский Б.П. Энергоаудит промышленных и коммунальных предприятий : учебное пособие / Б.П. Варнавский, А.И. Колесников, М.Н. Фёдоров. - Москва : Изд-во Ассоциации энергоменеджеров, 1999. - 213 с.
12. Воронин С.М. Энергосбережение : учебное пособие / С.М. Воронин, А.Э. Калинин. - Зерноград, 2008. - 257 с.
13. Гныря А.И. Технология бетонных работ в зимних условиях : учебное пособие / А.И. Гныря, С.В. Коробков. - Томск : Изд-во ТГАСУ, 2011.-412 с.
14. Голованова Л.А. Основные аспекты территориального энергосбережения : учебное пособие / Л.А. Голованова. - Хабаровск : Изд-во ХГТУ, 2002.- 115 с.
15. ГОСТ 19681-94 Арматура санитарно-техническая водоразборная. Общие технические условия. – Москва: Изд-во стандартов, 1994. – 20 с.
16. ГОСТ Р 56295-2014. Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях. – М.: Стандартинформ, 2015. – С.12.
17. ГОСТ Р 56295-2014. Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях. – М.: Стандартинформ, 2015. – С.18.
18. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы (ГЭСН-2001, редакция 2016г), 2016. – 423 с.
19. Данилов Н.И. Основы энергосбережения : учебник / Н.И. Данилов, Я.М. Щёлоков. - Екатеринбург : УПИ, 2006. - 564 с.
20. Данилов Н.И. Основы энергосбережения : учебное пособие / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков ; под общ. ред. Н.И. Данилова. - 2-е изд. - Екатеринбург : Автограф, 2010. - 528 с.

21. Дмитриев А.Н. Энергосбережение в реконструируемых зданиях, DJVU / А.Н. Дмитриев, П.В. Монастырев, С.Б. Сборщиков. - Москва : АСВ, 2008.-208 с.
22. Доклад Министерства промышленности и энергетики РФ о ходе реализации Федеральной целевой программы «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ЭКОНОМИКА» на 2002 - 2005 годы и на перспективу до 2010 года за 2002-2006 годы.
23. Заводчиков Н.Д. Управление эффективностью использования энергоресурсов в растениеводстве: монография / Н.Д. Заводчиков, Е.А. Воронкова. - Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2012.- 172 с.
24. Зенютин Е.А. Экономия энергии в образовательных учреждениях. Технологии энергосбережения и финансовые механизмы / Е.А. Зенютин, В.Н. Котомкин, Е.Б. Солнцев, и др. ; под общ. ред. С.К. Сергеева. - Москва, 2006. - 266 с.
25. Инженерное оборудование зданий и сооружений : учебное пособие для вузов / Ю.А. Табунщиков, Л.П. Голубничий, Ю.Н. Ефимов и др.; под ред. Ю.А. Табунщикова. - Москва : Высшая школа, 1989. - 238 с.
26. Интернет ресурс <http://greensource.construction.com>
27. Интернет ресурс <http://orbitnetwork.ru>
28. Интернет ресурс <http://www.breeam.org/about.jsp?id=66>
29. Интернет ресурс <https://rus.adainstruments.com>
30. Иншеков Е., Анализ международного законодательства в сфере оценки энергоэффективности, паспортизации и маркировки зданий. Оценка международных систем учета, мониторинга энергопотребления и выбросов парниковых газов зданий, отчет для Программы развития ООН и Глобального Экологического Фонда, Киев 2011
31. Источник <https://agc-info.ru/products/energy/#product-area>
32. Источник <https://braer.ru/catalog/ceramic>
33. Источник <https://braer.ru/catalog/ceramic/keramicheskij-blok-51>

34. Источник <https://www.oknamedia.ru/novosti/chto-nuzhno-znat-ob-odnokamernom-steklopakete-51085>
35. Источник <https://www.superdoms.ru/kak-sproektirovat-i-postroit-dom/krupnoformatnye-keramicheskie-bloki>
36. Как построить экономичный энергоэффективный дом /Ежемесячный журнал ценообразование и сметное нормирование в строительстве. - февраль 2011. - №2(309)- С.131-133.
37. Как построить экономичный энергоэффективный дом /Ежемесячный журнал ценообразование и сметное нормирование в строительстве. - март 2012. - №3(325)- С.145.
38. Картавская В.М. Энергосбережение в теплоэнергетике и тепло-технологиях : учебное пособие для студентов теплоэнергетических специальностей очной и заочной формы обучения /В.М. Картавская. - Иркутск : ИрГТУ, 2006. - 125 с.
39. Каталог материалов для промышленного и гражданского строительства / ООО «ТехноНИКОЛЬ». – Электрон. альбом. – М, 2012. - режим доступа к альбому: http://www.tn.ru/library/?pp_id=rpo&select_mode=full. - 135с.
40. Климова Г.И. Энергосбережение на промышленных предприятиях : учебное пособие / Г.И. Климова. - Томск : Изд-во ТПУ, 2008. - 181с.
41. Краснопольский, А.И. Разработка и реализация мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в МБУК «ОМКС»: в.к.р. / Краснопольский А.И.; СПбГЭУ. – Омск, 2014. – 14 с.
42. Лисиенко В.Г. Хрестоматия энергосбережения : справочное издание. В 2 книгах. Книга 1 / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, Л.М. Гадыгичев ; под ред. В.Г. Лисиенко. - Москва : Теплотехник, 2005. - 688 с.
43. Литвак В.В. Энергосбережение : учебное пособие / В.В. Литвак, М.А. Вагнер. - Томск : СТТ, 2012. - 212 с.

44. Лукутин Б.В. Энергоэффективность преобразования и транспортировки электроэнергии : учебное пособие / Б.В. Лукутин. - Томск : Изд-во ТПУ, 2012.-112 с.
45. Материалы для проектирования. Чертежи узлов [Электронный ресурс]: альбом тех. решений / ОАО «ЦНИИПромзданий». – Электрон. альбом. – М, 2013. - режим доступа к альбому: http://download.rockwool.ru/media/157455/album_sniipromzdaniy_01.2015.pdf. - 388с.
46. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации (МДС 81-35.2004), 2004. – 145 с.
47. Михеев А.П. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения: учебное пособие /А.П. Михеев, А.М. Береговой, Л.Н. Петрянина. - Москва : Изд-во АСВ, 2002.- 192 с.
48. Молодежникова Л.И. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Л.И. Молодежникова. - Томск : Изд-во ТПУ, 2011.-205 с.
49. Немова, Д.В. Техничко-экономическое обоснование мероприятий по утеплению ограждающих конструкций индивидуального жилого дома / Н.И. Ватин, А.С. Горшков, А.В. Кашабин, П.П. Рымкевич, Д.Н. Цейтин // Строительство уникальных зданий и сооружений: сб.статей. – Санкт-Петербург, 2014. – 115 с.
50. Нурахов, Н.Н. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / Н.Н. Нурахов. – Москва: ФГБУ ИПК Минобрнауки России, 2010. – 51 с.
51. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики [Текст]: Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 года № 889. // Российская газета. – 2008. – Федеральный выпуск №4680.

52. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики [Текст]: Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 года № 889. // Российская газета. – 2008. – Федеральный выпуск №4680.

53. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности [Текст]: федер. закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ // Москва : Рид Групп Читай!. – 2011. – С. 78.

54. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности [Текст]: федер. закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ // Москва : Рид Групп Читай!. – 2011. – С. 78.

55. Пресс-служба компании ROCKWOOL Russia. Региональные проблемы энергоэффективности /Ежемесячный журнал ценообразование и сметное нормирование в строительстве. - ноябрь 2011. - №11(321)- С.112-114.

56. Пресс-служба компании ROCKWOOL Russia. Региональные проблемы энергоэффективности /Ежемесячный журнал ценообразование и сметное нормирование в строительстве. - декабрь 2012. - №12(356)- С.116.

57. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. / Под ред. Егоричева А.П. - М.: Металлургия, 1985 г.

58. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь - справочник.М., 1990 г.

59. Рекомендации по проектированию и монтажу изоляционных систем фундаментов с применением материалов компании Технониколь / ООО «ТехноНИКОЛЬ». – Электрон. альбом. – М, 2015. - режим доступа к альбому: http://www.tn.ru/library/?pp_id=rpo&select_mode=full. - 59с.

60. Рекомендации по проектированию и устройству тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений с применением материалов Технониколь/ ООО «ТехноНИКОЛЬ». – Электрон. альбом. – М, 2015. - режим доступа к альбому: http://www.tn.ru/library/?pp_id=rpo&select_mode=full. - 24с.

61. Решение Экономического совета Содружества Независимых Государств от 11 марта 2005 г. \ "Об Основных направлениях и принципах взаимодействия государств - участников Содружества Независимых Государств в области обеспечения энергоэффективности и энергосбережения\ "
62. Рогалев Н.Д. Гашо Е.Г. Энергопотребление мегаполиса. О некоторых результатах комплексного подхода к рационализации энергопотребления коммунального хозяйства мегаполиса.// АВОК. 2005. № 3.
63. Родоман Б.Б. Территориальные ареалы и сети. Очерки теоретической географии. - Смоленск: Ойкумена, 1999.
64. Россия как система. Web - атлас. / В.Артюхов. А.Мартынов. Practical science. [http://http://www.sci.aha.ru/](http://www.sci.aha.ru/)
65. Рубцов В.А. Степин А.Г. Структурно-функциональная устойчивость территориально-производственных систем. - Казань, КГМА, 2004. - 197 с.
66. Руководство по проектированию и устройству кровель из битумнополимерных материалов компании ТехноНИКОЛЬ», Москва. - 2002 г.
67. Сборник текущих цен Регионального Центра Ценообразования Самарской области, май 2016. – 458 с.
68. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Текст]: федер. закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ // Москва : Омега-Л. – 2010. – С. 27.
69. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: принят Государственной Думой 11.11.2009 г. и одобрен Советом Федерации от 18.11.2009 г. // Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция) / КонсультантПлюс (consultant.ru).

70. Шарипов А. Я. Энергоэффективные мероприятия и энергосберегающие технологии в системе теплоснабжения жилого района Куркино г. Москвы. - Энергосбережение, 2001 № 5. - С.10-13
71. Энергоаудит и нормирование расходов энергоресурсов. Сборник методических материалов / НГТУ, НИЦЭ. Н. Новгород, 1998 г.-260 с.
72. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. МГСН 2.01-99. М. : 1999.
73. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др. ; под ред. А.В. Клименко. - Москва : Изд-во МЭИ, 2010. - 424 с.
74. Энергосбережение в энергетике и технологиях. Энергосбережение в низкотемпературных процессах и технологиях / А.Б. Гаряев, О.Л. Данилов, А.Л. Ефремов и др. - Москва : Изд-во МЭИ, 2002. - 48 с.
75. Jollands N., Gacs E., Pasquier S. B. Innovations in multi-level governance for energy / N. Jollands, E.Gacs, S.B. Pasquier // [Электронный ресурс]/ International Energy Agency. – 2009. – Режим доступа – URL: https://iea.org/publications/freepublications/publication/mlg_final_web.pdf (Дата обращения 21.03. 2017).
76. National Energy Efficiency Action Plans and Annual Reports [Электронный ресурс] // European comission. – Режим доступа – URL: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiencydirective/national-energy-efficiency-action-plans> (Дата обращения 28.03.2017).
77. State Energy Program [Электронный ресурс] // Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. – Режим доступа – URL: <http://energy.gov/eere/wipo/state-energy-program> (Дата обращения 26.03.2017).
78. The simple choice for energy efficiency [Электронный ресурс] // Energy Star Program. – Режим доступа – URL: <https://www.energystar.gov/> (Дата обращения 04.04.2017).

79. The SwissEnergy Program [Электронный ресурс] // Swiss Federal Office of Energy SFOE. – Режим доступа – URL: <http://www.bfe.admin.ch/energie/00458/index.html?lang=en> (Дата обращения 28.03.2017).