

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«Южно-Уральский государственный университет»

(национальный исследовательский университет)

Архитектурно-строительный институт

Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Рецензент:

и.о.Заведующий кафедрой:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ А.Х.Байбурин

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе магистра на тему:

«Экономическое обоснование теплоизоляции кирпичных зданий в районах  
Крайнего Севера»

ЮУрГУ 08.04.01 «Строительство». АСИ-393. ПЗ ВКР

Консультант:

Руководитель: Доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_

Молодцов Максим Вилленинович

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Консультант:

Проверка по системе антиплагиат: \_\_\_\_\_%

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020г.

Нормоконтролер:

Автор ВКР:

\_\_\_\_\_

Рогов Андрей Евгеньевич

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

г. Челябинск - 2020

Рогов Андрей Евгеньевич, «Экономическое обоснование теплоизоляции кирпичных зданий в районах Крайнего Севера», пояснительная записка. - Челябинск: ЮУрГУ, 2019, 55 стр., библиограф. - 16, табл. - 3, илл. - 26, приложений - 2.

**Объектом исследования** является кирпичный многоквартирный жилой дом постройки 1992 года в городе Сургут. Сравнительный анализ потерь теплоты через наружные стены жилого многоквартирного здания до и после утепления фасадов.

**Целью исследования** является оценка целесообразности утепления фасадов с использованием изделий теплоизоляционных из пенополистирола фасадных марок и изделий теплоизоляционных из минеральной ваты. Исследование является практическим, основанным на реальных данных.

В результате исследования определили толщину слоя утеплителя для рассматриваемых фасадов. На основании значений продолжительности отопительного периода, капитальных затрат на утепление фасадов и эксплуатационных затрат на отопление до и после утепления фасадов была произведена оценка прогнозируемого срока окупаемости энергосберегающих мероприятий, рассчитанных с учетом роста тарифов на тепловую энергию и дисконтирования будущих денежных потоков. Рассчитана реальная экономия затрат тепловой энергии до и после утепления фасадов. Определен экономический эффект, при переводе всего жилого фонда города Сургут, построенного до 2000 года, на утепленный вариант фасадов.

*Ключевые слова: вентилируемый фасад, пенополистирол, теплоизоляция кирпичных зданий, срок окупаемости, энергосберегающие мероприятия*

					<b>АСИ-393-08.04.01-2020</b>			
		<b>Ф.И.О</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
<i>И.о.Зав.каф</i>	Байбурин.А.Х				Тема работы "Экономическое обоснование теплоизоляции кирпичных зданий в районах Крайнего Севера"	<b>Стадия</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
<i>Н.Контр</i>	Молодцов.М.В						2	56
<i>Руковод</i>	Молодцов.М.В					<b>ЮУрГУ Кафедра СПТС</b>		
<i>Консульт</i>	Молодцов.В.М							
<i>Разраб</i>	Рогов.А.Е							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
1.1 Анализ состояния вопроса энергоэффективности ограждающих кон- струкций.....	7
1.2 Современные теплоизоляционные материалы.....	12
1.3 Навесные вентилируемые фасады (НВФ) и их особенности.....	17
1.4 Постановка задач исследования.....	33
Выводы по первой главе.....	33
2. МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	34
2.1 Цель исследований.....	34
2.2 Анализ методик для определения сопротивлений теплопередаче наружных стен.....	36
2.3 Расчет требуемой толщины слоя теплоизоляции.....	37
2.4 Расчет площади утепленного фасада дома.....	42
2.5 Капитальные затраты на утепление фасадов.....	43
2.6 Расчет потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции.....	44
2.7 Расчет прогнозируемого срока окупаемости энергосберегающих мероприятий.....	46
Выводы по второй главе.....	48
Глава 3. Техничко-экономическая оценка результатов исследований.....	49
3.1 Оценка жилого фонда города Сургут.....	49
3.2 Экономическая эффективность проведенных мероприятий.....	50
Выводы по третьей главе.....	53
Библиографический список.....	54
Приложения.....	56

						АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
							3
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

## Введение

Для районов Крайнего Севера характерны экстремальные климатические условия: отрицательная среднегодовая температура, полярные ночи, сильные ветры и метели. Зона вечной мерзлоты занимает практически две трети территории России. Здесь находятся шахты и карьеры, проложены дороги, построены аэродромы и порты. На Крайнем Севере возведены целые города, где строительство жилых домов - очень сложная задача.

Постройка дома в условиях вечной мерзлоты сложный процесс – мерзлый грунт постоянно меняет свою структуру. Рыхлые грунты, нагреваясь от возведенных на них зданий, теряют свою монолитность, начинают «таять» (до нескольких сантиметров в год) и смещаться. Принципы строительства жилых домов на Крайнем Севере должны быть основаны на законах геологии, архитектурного проектирования и теплофизики. Особое внимание стоит уделить поддержанию температуры грунта, возведению фундамента и теплоизоляции дома. Строительство жилых объектов в зоне вечной мерзлоты должно сопровождаться применением современных технологий и энергосберегающих материалов. Конструкция дома должна гарантировать отсутствие температурных мостиков, через которые тепло мгновенно выходит из помещения.

Многие из эксплуатируемых на территории РФ жилых зданий не отвечают современным нормативным требованиям к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, в том числе и в районах Крайнего Севера. С 2000 года с 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 возросли. Поэтому, все здания постройки до 2000-го года не соответствуют современным требованиям к уровню тепловой защиты, являются морально устаревшими и требуют реконструкции (утепления фасадов и кровли, замены

										Лист
										4
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					

наружных входных дверей и светопрозрачных ограждающих конструкций на более эффективные по тепловой защите).

Задача теплоизоляции зданий - снизить потери тепла в холодный период года и обеспечить относительное постоянство температуры в помещениях в течение суток при колебаниях температуры наружного воздуха. Применяя для теплоизоляции эффективные теплоизоляционные материалы, можно существенно уменьшить толщину и снизить массу ограждающих конструкций и таким образом сократить расход основных стройматериалов (кирпича, цемента, стали и др.) и увеличить допустимые размеры сборных элементов.

Одним из способов снижения потерь тепловой энергии на отопление является дополнительное утепление наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, чердачных перекрытий, наружных дверей и пр.). Повышение уровня теплоизоляции ограждающих конструкций приводит к уменьшению так называемых трансмиссионных потерь тепловой энергии.

Чем меньше потери тепла в здании, тем меньше количество тепловой энергии требуется подвести к зданию от источника теплоснабжения для компенсации трансмиссионных потерь тепловой энергии в нем.

После дополнительного утепления теплоизоляционные свойства стены улучшаются в 3-4 раза.

Таким образом, утепление приводит к снижению потребляемой в здании энергии и, следовательно, к сокращению расходов по отоплению.

На этом принципе основан экономический эффект, достигаемый при внедрении данного энергосберегающего мероприятия. Однако его реализация потребует дополнительных капитальных вложений. **Экономическую эффективность** внедряемого на объекте мероприятия можно характеризовать сроком его окупаемости. В том случае, если период окупаемости окажется меньше предполагаемого срока службы или эксплуатации внедряемого технического решения, его следует признать еще и экономически целесообразным.

						АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
							5
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

**Целью исследования** является оценка целесообразности утепления фасадов с использованием изделий теплоизоляционных из пенополистирола фасадных марок и изделий теплоизоляционных из минеральной ваты.

**Объектом исследования** является кирпичный многоквартирный жилой дом постройки 1992 года в городе Сургут. Сравнительный анализ потерь теплоты через наружные стены жилого многоквартирного здания до и после утепления фасадов. Тепловые потери нужно определить в соответствии с нормативными документами годов постройки. Необходимо вычислить величину эксплуатационных затрат в соответствии с тарифами установленными нормативными документами региона Тюменской области.

В соответствии с этим, определить толщину слоя утеплителя для рассматриваемых фасадов. На основании известных значений продолжительности отопительного периода, капитальных затрат на утепление фасадов и эксплуатационных затрат на отопление до и после утепления фасадов была произведена оценка прогнозируемого срока окупаемости энергосберегающих мероприятий, рассчитанных с учетом роста тарифов на тепловую энергию и дисконтирования будущих денежных потоков.

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
						6
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## **1. Анализ состояния вопроса с постановкой задач исследований**

### **1.1 Анализ состояния вопроса энергоэффективности ограждающих конструкций**

Значительная доля энергетических затрат в Российской Федерации расходуется на отопление жилых зданий. Мероприятия, направленные на сокращение потерь тепла и повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, в целях повышения энергоэффективности, зданий всегда требовали особого внимания [1]. Мероприятия на сокращение потерь тепла и повышения уровня тепловой защиты зданий рассмотрим, с экономической точки зрения. До конца 80-х годов, в СССР, основное внимание уделялось минимизации капитальных затрат и недостаточно учитывались эксплуатационные затраты ввиду низкой стоимости топлива.

Положение резко изменилось в результате перехода страны к рыночной экономике в начале 90-х годов и значительного роста цен на топливо внутри страны. Осознав, что доля эксплуатационных расходов на отопление зданий относительно велика и страна расточительно расходует свои энергетические ресурсы на поддержание требуемого микроклимата в зданиях, были приняты законодательные акты, в том числе закон «Об энергосбережении» (1996 г.), закон «О защите прав потребителя» (1996 г.), направленные на энергосбережение и эффективное использование энергии, Федеральный закон № 261 ФЗ «Об энергосбережении...» [1].

Выполнение вновь принятых документов требовало пересмотра существующего подхода к проектированию, выбору проектных решений, который осуществляется в основном интуитивно, без опоры на научно-обоснованные системы поддержки и принятия решений, и чаще всего носит формально констатирующий характер. Повышение энергоэффективности зданий направлено на повышение эффективности капитального строительства, включая повышение эффективности инвестиционной политики, наиболее рациональное использование инвестиционных ресурсов,

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
						7
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

направление их в программы и проекты, дающие наибольшие экономические и социальные результаты, а также повышение эксплуатационной рентабельности инвестиционных проектов.

В развитии строительного производства, в повышении его эффективности особая роль принадлежит проектировщикам. От них в значительной мере зависят технико-экономический уровень производства и повышение эффективности капиталовложений. Это обуславливает необходимость улучшать проектно-сметное дело, осуществлять строительство по наиболее прогрессивным и экономичным проектам; предусматривать в них передовые технологии, прогрессивные конструктивные решения, современные строительные материалы. Одна из основных задач проектировщиков заключается в повышении качества планировочных, архитектурных и строительных решений, снижении стоимости строительства зданий и сооружений, сокращении удельных капитальных вложений на единицу вводимой в действие мощности.

Значительный вклад в решение теоретических и практических вопросов энергоэффективности и ограждающих конструкций внесли следующие ученые: Горшков А.С., Гагарин В.Г., Трутнева М.С., Самарин О.Д., Бутовский И.Н., Ефименко М.Н., Табунщиков Ю.А., Богуславский Л.Д., Савин В.К., Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. и многие другие.

Мероприятия, направленные на сокращение потерь тепла и повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций всегда требовали экономического обоснования. Окупаемость таких мероприятий исследовали Богуславский Л.Д., Гагарин В.Г., Самарин О.Д. и др.

Богуславский Л.Д. предложил модель, которая позволяла оценить «экономически целесообразное», «оптимальное» сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. В его методах величины единовременных вложений на создание 1м<sup>2</sup> ограждающей конструкции и

									Лист
									8
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020				



годовые затраты на компенсацию теплопотерь через  $1\text{ м}^2$  ограждающей конструкции выражаются в виде функций от термического сопротивления теплоизолирующего слоя, который является независимой переменной. В его модели находится значение этой переменной, при котором производная приведенных затрат (затраты на производство и эксплуатацию ограждающих конструкций) равна нулю, это значение сопротивления теплопередаче и считается «экономически целесообразным» [3].

Савин В.К. привел энергограмму зависимости расхода энергии на создание конструкции, затраты на эксплуатацию, а также их суммарные затраты, представленные в безразмерном виде, от уровня теплозащиты ограждений. На его энергограмме присутствует точка, в которой суммарные затраты энергии при оптимальном уровне теплозащиты ограждения, имеют наименьшее оптимальное значение. И если выбрать эталонное ограждение, например, кирпичную стену, то путем расчетов можно определить сначала оптимальное значение в размерном виде, а затем в безразмерном. Путем такой процедуры можно отобрать самые энергоэффективные материалы, конструкции и изделия и здания в целом.[4]

Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. в своих работах определили предельный срок службы здания, при котором его термомодернизация будет безубыточна. Согласно их модели оценить эффективность в энергозащите конкретного здания можно сравнив период их окупаемости (лет), определяемый с учетом дисконтирования доходов, с оставшимся сроком службы здания (лет) с момента реализации теплозащитных мероприятий. Равенство выше названных величин подразумевают, что мероприятия по термомодернизации как минимум окупятся.[5]

Задача повышения уровня тепловой защиты зданий - оказывается трудно реализуемой на практике, так как в данном случае сталкиваются две диаметрально противоположные позиции: с одной стороны - требование повышения уровня энергоэффективности со стороны государства, а с другой

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
						9
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- нежелание вкладывать свои деньги в непонятные стратегические задачи со стороны собственников квартир.

Очередной попыткой, теперь уже директивными методами изменить сложившуюся ситуацию, явилось принятие ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Данный документ содержит в себе большое число довольно жестких мер, направленных на повышение уровня энергоэффективности национальной экономики. Для сферы ЖКХ, помимо всего прочего, предусмотрено обязательное утепление зданий при капитальном ремонте.

Понятно, что реализация указанных требований предполагает серьезные финансовые вливания, в том числе в производство дополнительных работ по утеплению жилых домов. В итоге реализуемая, в настоящее время, программа капитального ремонта жилищного фонда РФ может значительно растянуться по времени. В такой ситуации существует острая необходимость тщательного обоснования целесообразности инвестиций в мероприятия, направленные на повышение тепловой защиты существующих зданий. Для этого необходимо и полезно оценить такой критерий как предельный срок службы здания ( $T_{эф}$ , лет), при котором его термомодернизация будет безубыточна.

В литературе достаточно подробно рассматриваются методы оценки эффективности вложений в теплозащитные мероприятия. Применительно к инвестициям в термомодернизацию выделено два подхода: с обращением и наращением промежуточных доходов. Однако подход с наращением промежуточных доходов оказывается малопривлекательным для потенциальных инвесторов, так как получаемые денежные средства от процентов по вкладу должны поступать сразу на депозитный счет банка и храниться там, как минимум, до истечения срока окупаемости теплозащитных мероприятий, что существенно ограничивает работоспособность такого капитала [2,с.357-362].

						АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			10

Самарин О. Д., используя методики, разработанные специалистами, членами НП «АВОК», рассматривал эффективность вложений в энергосберегающие мероприятия. В своих работах он определил влияние изменения климата на окупаемость дополнительного утепления нестекляемых ограждений и выявил, что наблюдаемая в последнее время тенденция к потеплению климата дает дополнительные доводы к необоснованности чрезмерного повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкции [6].

Для расчета системы теплозащиты здания нужен такой подход, который бы учитывал многочисленные факторы, связанные с процессом расхода энергии через ограждения, начиная от начала строительства наружной оболочки здания до ее разрушения и утилизации. Наиболее важными взаимосвязанными факторами являются следующие: микроклимат помещения, наружный климат, теплозащита оболочки здания, ее энергоемкость и долговечность, а также архитектурно-планировочные решения. Ни один из этих шести факторов нельзя рассматривать отдельно, изолированно друг от друга.

Наиболее последовательный и разумный подход разработан Гагариным В.Г., Он предложил усовершенствованную математическая модель условий окупаемости затрат на повышение уровня тепловой защиты, которая учитывала еще и о дисконтирование экономии эксплуатационных затрат.

Согласно его модели, важнейшим параметром, определяющим экономические условия повышения тепловой защиты ограждений в стране или регионе, является предельное значение для единовременных затрат. В своих работах В.Г. Гагарин сравнил значение процентных ставок, а также градусо-суток отопительного периода (ГСОП) и цены на тепловую энергию в городах РФ и странах ЕС и СНГ и выявил, что условия для повышения тепловой защиты зданий в России менее благоприятны, чем в развитых странах.

									Лист
									11
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020				

В.Г. Гагарин сформулировал определение (дефиницию) понятия приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции. Рассмотрел элементный подход для расчета значения этой величины. Вывел расчетные формулы, ввел новые характеристики для различных теплозащитных элементов ограждающих конструкций и кратко дал описание их определения согласно проекту СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций». Данный метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче внедрен в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Рассмотрено применение элементного подхода для выражения основной теплозащитной характеристики здания - удельной теплозащитной характеристики.[4]

## 1.2 Современные теплоизоляционные материалы

Теплоизоляция при постройке жилых зданий в районах Крайнего Севера - это один из важных вопросов. И в первую очередь этому служат элементы конструкции, которые сводят к минимуму передачу тепла. Этим же термином обозначают материалы, из которых изготавливают такие элементы, а также мероприятия по их устройству.

Современные теплоизоляционные материалы отличаются качественными характеристиками, как правило, они экологичны и обладают прекрасными эргономичными свойствами. Ознакомившись с основными видами теплоизоляционных материалов и их свойствами, можно выбрать именно тот, который будет отвечать всем требованиям для строительства и утепления кирпичного здания в условиях Крайнего Севера.

Органические - это торф, древесное волокно. Данные материалы могут использоваться для утепления только с внутренней стороны и при исключении высокой влажности в помещении, так как они подвержены гниению. Помимо натуральных, к органическим видам теплоизоляционных

										Лист
										12
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					

материалов можно отнести пенопласт, пенополистирол, пенополиэтилен. Они не боятся влажности, но не отличаются повышенной огнестойкостью.

Неорганические - стекловолокно, минераловатные утеплители, пеностекло, ячеистые бетоны, базальтовое волокно. Чаще других используется минеральная вата и минераловатные плиты. Материал обладает огнестойкостью и высокой паропроницаемостью. Если же планируется утепление помещения с повышенной влажностью, используют неорганические материалы с гидрофобизирующими добавками.

Смешанного типа - вермикулит, асбест, перлит и другие материалы из вспученных горных пород. Утеплитель отличается высокой стоимостью и поэтому используется реже двух первых видов.

Для теплоизоляции трубопроводов, находящихся в межстенном пространстве жилого дома используют специальные «рукава» из утеплителя повышенной плотности.

Современный рынок насыщен разнообразными материалами для теплоизоляции кирпичного здания в условиях Крайнего Севера - они различаются как по качеству, так и по удельному весу, тепловому сопротивлению и цене. Сегодня конкретный материал выбирают не только по его качественным характеристикам, но и в зависимости от его экологичности и стоимости.

Основные характеристики теплоизоляционных материалов - это теплопроводность, пористость, плотность, паропроницаемость, влажность, водопоглощение, биостойкость, огнестойкость, прочность, температуростойкость и удельная теплоёмкость. Выбирая лучший теплоизоляционный материал, нужно внимательно изучить его сравнительные характеристики.

Коэффициент теплопроводности. Он равен такому количеству теплоты, которое за 1 ч пройдет сквозь 1 м материала площадью 1 м<sup>2</sup> при разнице температур внутри и снаружи строения в 10 °С. Этот показатель характеризует теплопроводность и измеряется в Вт/ (м х °С) или в Вт/ (м х

К). Показатель зависит от уровня влажности материала, так как вода проводит тепло лучше воздуха. Другими словами, мокрый и даже сырой материал не будет выполнять свою основную функцию по теплоизоляции.

Помимо этого теплопроводность зависит от структуры, пористости, химического состава материала и его температуры.

Пористость. Под пористостью понимается доля пор в общем объеме теплоизоляционного материала. Бывают поры мелкие, крупные, закрытые и открытые. Важен их тип и равномерность распределения в материале.

Плотность. Измеряется в кг/м<sup>3</sup> и указывает на соотношение массы материала и занимаемого им объема.

Паропроницаемость. Указывает на количество пара, которое проходит через 1 м<sup>2</sup> материала толщиной в 1 м за 1 ч. Водяной пар измеряется при этом в мг, а температура воздуха по разные стороны материала принимается за одинаковую.

Влажность. Указывает на объем влаги в материале. Еще одна важная характеристика - сорбционная влажность. Под ней понимается равновесная гигроскопическая влажность в условиях различных температур и относительной влажности воздуха.

Водопоглощение. Это количество воды, которое может поглотить материал и удерживать в порах при прямом контакте с влагой. Чтобы улучшить этот показатель, к некоторым материалам (например, минеральной вате) добавляют специальные вещества, отталкивающие влагу. Этот процесс называется гидрофобизация.

Биостойкость. Микроорганизмы размножаются там, где есть повышенная влажность. Материал с повышенной биостойкостью способен противостоять воздействию грибков, микроорганизмов и некоторых насекомых.

Огнестойкость. Существуют принятые показатели пожарной безопасности: дымообразующая способность, горючесть, воспламеняемость

										Лист
										14
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					

и токсичность продуктов горения. Чем дольше материал может выдерживать воздействие высоких температур, тем выше его огнестойкость.

**Прочность.** Этот показатель помогает выяснить, окажет ли на материал существенное влияние его транспортировка, складирование и монтаж. Предел прочности колеблется от 0,2 до 2,5 МПа.

**Температуростойкость.** Устойчивость материала к температурному воздействию. Показатель отражает температуру, после воздействия, которой материал изменит свои свойства, структуру и потеряет прочность.

**Теплоемкость (удельная).** Измеряется в кДж/ (кг x °С) и указывает на количество теплоты, аккумулированное теплоизоляционным слоем.  
**Морозостойкость.** Показатель указывает на способность материала выдерживать изменения температуры, замораживаться и оттаивать без нарушения основных свойств.

**Свойства арболита.** Его делают из стружки, камыша, соломы и мелко нарезанных опилок. Среди ингредиентов содержатся химические добавки и цемент. На заключительном этапе производства утеплитель обрабатывается минерализатором. Плотность данного материала варьируется в пределах от 500 до 700 кг/м<sup>3</sup>, тогда как коэффициент теплопроводности изменяется от 0,08 до 0,12 Вт/(м\*К). Специалистов достаточно часто интересует предел прочности на сжатие, он находится в пределах 0,5 до 3,5 МПа. Предел прочности на изгиб - от 0,4 до 1 МПа.

*Характеристики пенополивинилхлоридного утеплителя.* Материал можно назвать универсальным по причине того, что он может быть как мягким, так и твердым. Можно выбрать пенополивинилхлорид для утепления фасада, стен, кровли, входных дверей, а также пола. Плотность, а точнее ее среднее значение, равно примерно 0,1 кг/м<sup>3</sup>.

*Утеплитель из древесностружечных плит.* В основе содержится мелкая стружка, которая составляет 9/10 от всего объема материала. В роли остальных ингредиентов используются синтетические смолы, гидрофобизатор и антисептические вещества. Плотность изменяется от 500

										Лист
										15
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					

до 1000 кг/м<sup>3</sup> [6, 7]. Предел прочности на растягивание достигает цифры в 0,5 МПа. Влажность может составлять от 5 до 12%, тогда как предел прочности на изгиб максимально может быть равен 25 МПа. При воздействии влаги материал может впитывать воду от 5 до 30% от общего объема.

*Особенности ДВИП.* По составу напоминает ДСП. В основе содержатся обрезки стеблей соломы кукурузы или древесные отходы. В процессе производства может использоваться даже бумага. В качестве связующего применяются синтетические смолы. Используются и добавки в виде антипиренов, антисептиков и гидрофобизирующих веществ. Подобные строительные теплоизоляционные материалы характеризуются плотностью, которая не превышает 250 кг/м<sup>3</sup>. МПа составляет предел прочности на изгиб. Коэффициент теплопроводности 0,07 Вт/(м\*К).

*Пенополиуретановый утеплитель.* Пенополиуретан наносится методом напыления, что позволяет обрабатывать не только пол, но и потолок, а также стены. Помимо прочего, с помощью него можно утеплить поверхности со сложной конфигурацией. При этом не образуются мостики холода. Плотность изменяется в пределах от 40 до 80 кг/м<sup>3</sup> [5]. Коэффициент теплопроводности достигает 0,028 Вт/(м\*К). Это значение можно назвать лучшим среди тех, которыми обладают современные утеплительные материалы.

*Использование эковаты.* Если выбирать теплоизоляционные материалы, то эковата тоже является отличным решением. Она обеспечивает высокий уровень звукоизоляции и теплостойкости. Однако необходимо учесть, что в таком случае есть необходимость в дополнительной гидрозащите, так как полотна способны впитывать влагу. Данный параметр варьируется в пределах от 9 до 15%, что весьма внушительно для утеплителя. Итак, теплоизоляционные материалы обладают разными техническими характеристиками, однако выбор необходимо делать только после подробного изучения их свойств.

										Лист
										16
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					



*Базальтовая вата.* Это волокнистый материал. Из всех видов утеплителей он самый популярный, поскольку технология его применения простая, а цена - низкая. Достоинства: Огнеупорность; Хорошая изоляция от шума; Морозоустойчивость; Большая пористость. Недостатки: При контакте с влагой свойства сохранения тепла снижаются; Небольшая прочность; Применение требует наличия дополнительного материала - пленки.

*Стекловата.* Технология изготовления подразумевает сходный состав со стеклом. Отсюда и название материала. Преимущества: Большая звукоизоляция; Высокая прочность; Защита от влаги; Устойчивость к высоким температурам. Недостатки: Небольшой срок службы; Меньшая термоизоляция; Формальдегид в составе (не у всех).

*Пеностекло.* Для изготовления этого материала на производстве используют порошок стекла и газообразующие элементы. Плюсы: Водонепроницаемость; Устойчивость к морозу; Высокая устойчивость к огню. Минусы: Большая цена; Непроницаемость воздуха.

*Целлюлозная вата.* Этот материал еще называют эковатой, он имеет зернистую структуру, стоимость небольшая. Преимущества: Хорошая изоляция тепла; Распространение материала в щели; Обмен влагой без нарушений структуры и свойств. Недостатки: поддается горению; низкий уровень прочности; трудоемкое применение.

*Пробка.* Ее большая распространенность обусловлена экологически чистым составом. Материал обладает существенным недостатком — большая стоимость. Достоинства: Малый вес; Устойчивость к биологическим процессам; Уровень прочности высокий; Несгораемость.

*Пенопласт.* Производят материал двумя способами - с использованием прессы или без него. Структура среднезернистая. Плюсы: Большая теплоизоляция; Водонепроницаемость; Низкая цена. Минусы: Огнеопасен; Непроницаемость воздуха; Нарушение структуры при заморозке.

									Лист
									17
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

*Пенополиуретан.* Структура этого материала представляет собой маленькие капсулы, внутри них - воздух. Достоинства: Эластичный; Хорошо попадает в неровности; Обладает стойкостью к биологическим процессам; Большой температурный диапазон. Недостатки: Воздух не пропускает; Горит, выделяя при этом опасные элементы; Применение требует наличия специального оборудования.

*Экструдированный пенополистирол.* При изготовлении материала используют метод прессования. Структура однородная, представляет собой небольшие ячейки с газом внутри. Преимущества: Высочайшая прочность; Большой срок службы; Отталкивает влагу. Недостатки: Поддается горению; Воздухонепроницаемость.

*TSM Керамик.* Считается лучшим жидким современным утеплительным материалом. Он состоит из пустых небольших шаров из керамики. Особые вещества служат для них сцеплением. Плюсы: Легкость применения (распыляется или наносится кисточкой); Тонкость нанесенного слоя; Огнеупорность; Выдержка температурных колебаний; Экономичность (на 1 м<sup>2</sup> приходится 500 г).

Итак, правильный расчет предполагает одинаковый температурный показатель с внутренней и внешней стороны стен (не смотря на то, что они разнятся). В дождливых местностях необходим высокий показатель поглощения влаги утеплителя. Отдавать предпочтение в этом случае нужно новым материалам с влагоотталкивающими элементами в составе, например, минеральной вате. От степени поглощения влаги зависит следующий параметр. Чем выше у материала степень защиты от влаги, тем сильнее его стойкость к биологическим процессам. Плесень, микроорганизмы, насекомые и др. разрушают структуру покрытия. Поэтому утеплитель должен обладать свойством защиты от этих процессов. Устойчивость к воздействию огня - важный параметр безопасности утеплителя, разработанный по современной технологии. Выбирать нужно материал с высокой степенью огнезащиты.

										Лист
										18
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					

Обратить внимание при этом нужно и на общепринятые показатели пожарной безопасности: способность материала к воспламеняемости; горючесть; образование дыма; уровень токсичности.

Устойчивость к перепадам температуры важна во всех климатических условиях. Этот параметр представлен предельным показателем. Под его воздействием структура теплового покрытия начнет разрушаться. Параметр теплоемкости указывает на возможность утеплителя выдерживать влияние низких температур. Это особо важно для Крайнего Севера. Хороший новый утеплитель замораживается и размораживается без нарушения структуры.

### 1.3 Навесные вентилируемые фасады (НВФ) и их особенности

Создание качественно поверхности с внутренним слоем утеплителя, для зданий, выполненных из кирпичной кладки, позволит существенно сэкономить на строительном материале. При этом комплексно подойти к тепло экономическим показателям в процессе эксплуатации возведённого сооружения. Это все могут позволить навесные вентилируемые фасады, компенсируя потерю тепла и не утяжеляя несущие конструкции.

Устанавливаемые вентфасады позволяют уменьшить число рядов в кирпичной кладке, при этом не повлияв на создаваемый несущий каркас. Возможности не возводить метровые стены, а получать более просторные полезные площади внутри помещений и получаемых сооружений. Это будет доступно за счет уменьшения толщины стен и выбора толщины утеплителя, с качественными панелями по всей площади устанавливаемых вентфасадом.

Основным критерием при монтаже всей системы будет детальны расчет устанавливаемых крепежей и создаваемого каркаса из металлических направляющих. Это даст возможности смонтировать навесные фасады, в минимальные временные рамки, не разрушив конструктивные особенности стен и несущих элементов сооружения.

Важно учесть ряд особенностей. А именно:

- совмещение разбежки крепежей с имеющимися швами в кирпичной

										Лист
										19
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					

кладке, позволив более прочно обеспечить крепление устанавливаемых фасадов;

- разместить с определённым шагом крепления и направляющие, в зависимости от размеров отладочных панелей;

- новые возможности по распределению слоя утеплителя, с компенсацией прилегания к поверхности стен, обеспечивая комплексную вентиляцию всей конструкции;

- подбор архитектурного проекта по фактуре внешнего облика здания, за счет нанесения отдельных рисунков и текстур на поверхности закрепляемых панелей.

В таком ракурсе облицовка фасадов, станет отличным решением, для частного домостроения, а также и возводимых административных зданий. Учтены будут не только особенности возведённой постройки, но и всего прилегающего рельефа местности. Это позволит избежать непрактичности отделки и получения резко выделяющегося сооружения на фоне всех имеющихся сооружений.

Перед началом возведения фасада, важно создать смету расходных материалов и производимых работ. Это позволит избежать проблемы нехватки материалов и детально подойти к вопросу временного отрезка выполненных работ. Позволив наладить структурированный подход к каждому из этапов возведения вентфасадов. Вся проведенная отделка фасада дома, станет отличным решением, как по утеплению, так и преобразению облика внешности здания.

Начинать стоит с выбора типа направляющих, создать расчет на основе имеющихся или возводимых площадей внешних стен, где они будут закрепляться. Произвести детальный расчет по требуемому слою утеплителя, с учетом толщины несущих стен и температурного режима эксплуатации всего здания.

Подобрать и рассчитать необходимое количество панелей для отделки всей площади стен. Это даст возможности закупить все материалы и

										Лист
										20
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

АСИ-393-08.04.01-2020

приступить к работе, не боясь потерять ритм и время с неправильно подобранным графиком поставок или закупке не соответствующего материала для данного типа строительных работ. Выполнив детальный расчет, всегда стоит иметь ввиду погрешности и с учетом их добавить к получившейся сметной стоимости от 10 до 15 процентов всего необходимого. Это будет запас материалов и времени на непредвиденные нюансы по отделке здания.

Основные свойства вентилируемого фасада отражены в его названии:

Навесной - раскрывает сущность монтажа, который выполняется на подсистему несущих профилей и крепежей;

Вентилируемый - отражает его способность выводить конденсат из утеплителя с помощью потока воздуха.

Функционирование (действие) вентфасада реализуется зимой. Во время отопительного периода происходит существенный перепад температур между облицовочным материалом и стеной здания. Это приводит к накоплению влаги в утеплителе или на несущей стене, которая устраняется благодаря наличию вентиляционного зазора.

Преимущества вентилируемого фасада

- универсальная технология монтажа. Установка навесного фасада возможна на здания любой этажности, состояния и назначения;

- скорость работы;

- защитные свойства;

- эстетические свойства;

- ремонтпригодность;

- долговечность.

При правильном монтаже и выборе материалов срок службы вентфасада составит более 50 лет.

- теплоизоляция здания;

- высокая стоимость, оправданная долговечностью.

									Лист
									21
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

АСИ-393-08.04.01-2020

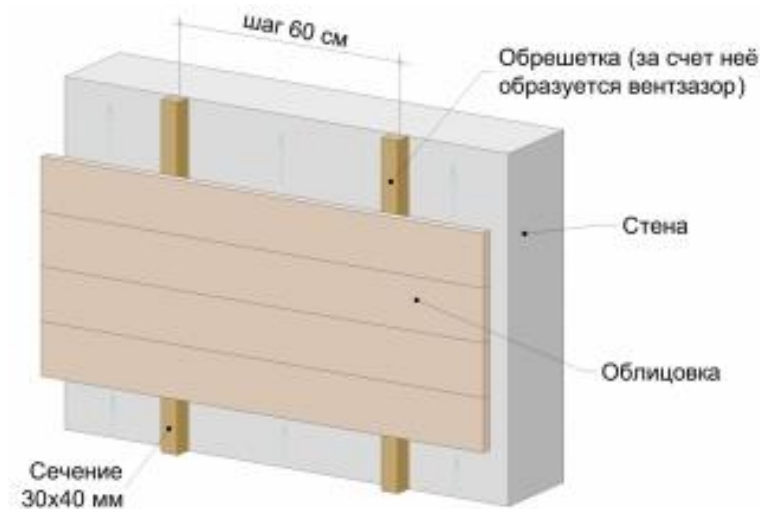


Рисунок 1.1 Вентилируемый фасад без утепления

Теплоизоляционные материалы отсутствуют или между утеплителем и отделочным материалом нет вентиляционного зазора.

В последнем случае стена утеплена, но нельзя вести речь об устройстве именно вентиляруемого фасада.

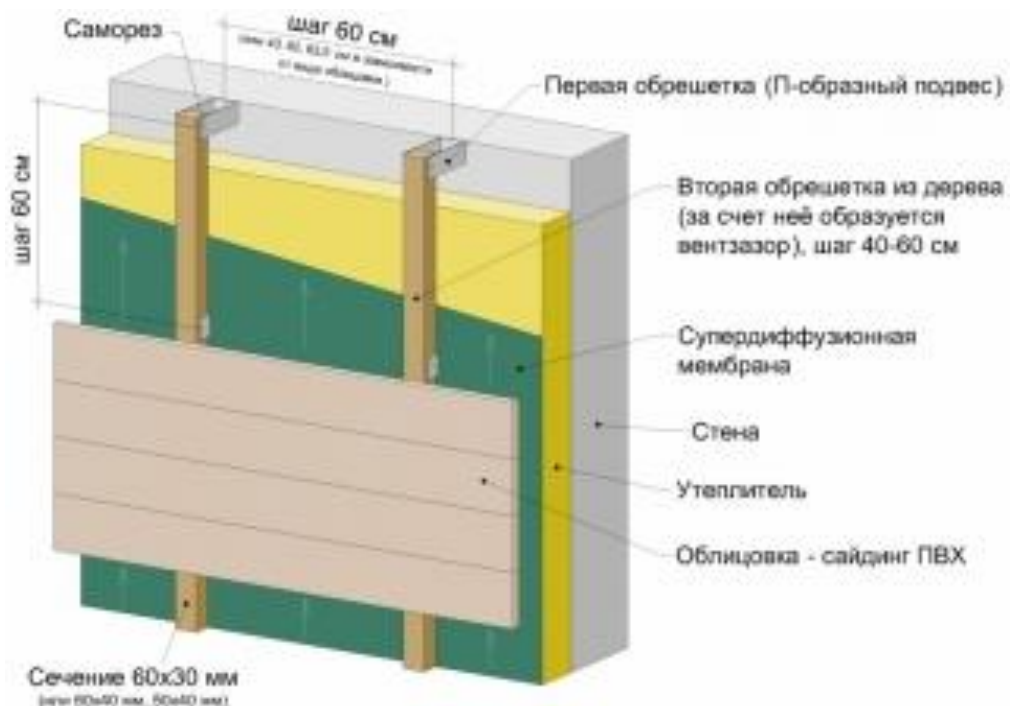


Рисунок 2.1 Вентилируемый фасад с утеплением

Утепленный вентиляруемый фасад должен отвечать таким условиям:

- присутствует паропроницаемый утеплитель (паропроницаемость - > 0,1-0,3 мг/(м·ч·Па));
- утеплитель закрыт пленкой (паропроницаемость – >800 г/м.кв. за

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
						22
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

сутки);

- обустроен вентиляционный зазор (размер – 40-60 мм).

Облицованная стена не может быть отнесена к вентилируемым фасадам если:

- присутствует зазор между стеной и утеплителем;

- при использовании теплоизоляционного материала с низкой паропроницаемостью ( $< 0,1 \text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$ );

- используется утеплитель с заданными показателями пропускания пара ( $0,1-0,3 \text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$ ), но он закрыт пленкой с низкой паропроницаемостью ( $< 800 \text{ г}/\text{м}^2$  за сутки);

отсутствует вентиляционный зазор, при соблюдении требований по паропроницаемости у теплоизоляционного материала и пленки.

В перечисленных случаях используют другие способы облицовки фасада.

Конструкция вентфасада

Как устроен навесной фасад, из каких компонентов и конструктивных элементов собирается система, как устанавливается и чем крепится к стене.

### 1. Подсистема для вентилируемых фасадов

Система крепежей для вентфасада объединяет в себе:

алюминиевые, металлические или оцинкованные подсистемы направляющих несущих профилей;

– планка горизонтальная основная – цена 65-105 руб/м.п. в зависимости от толщины металла;

Цены от 1 июня 2016г


	Ед. изм.	До 500 м./пог.	От 501 м./пог.	Лакраска м.пог./руб
 Профиль горизонтальный 30x40x1,2 мм	п.м	65	55	21
Профиль горизонтальный 40x40x1,2 мм	п.м	75	65	21
Профиль горизонтальный 50x40x1,2 мм	п.м	85	72	21
Профиль горизонтальный 50x50x1,2 мм	п.м	95	80	21
Профиль горизонтальный 50x60x1,2 мм	п.м	105	90	21
Профиль горизонтальный 60x40x1,2 мм	п.м	95	80	21

Рисунок 3.1 Характеристики горизонтальных профилей

– профиль Т-образный – стоимость 125-172 руб/м.п. Используется при

									Лист
									23
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020				

облицовке объектов повышенной этажности;

		Ед. изм.	до 299 метров цена за метр	От 300 метров цена за метр	Покраска м. пос./руб
	Профиль Т-образ. (стальной оцинкованный) 65/30х1,2 мм	пог.м.	125	105	25
	Профиль Т-образ. (стальной оцинкованный) 80/30х1,2 мм	пог.м.	140	115	25
	Профиль Т-образ. (стальной оцинкованный) 100/30х1,2 мм	пог.м.	158	130	25
	Профиль Т-образ. (стальной оцинкованный) 65/50х1,2 мм	пог.м.	158	130	25
	Профиль Т-образ. (стальной оцинкованный) 80/50х1,2 мм	пог.м.	172	145	25

Рисунок 4.1 Характеристики Т-образных профилей

– профиль П-образный – цена 110-160 руб./м.п. Основной элемент при монтаже.

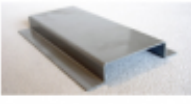
Цены от 1 июня 2016г		Ед. изм.	от 100 до 299м руб./м	От 300м руб./м	Покраска м. пос./руб
	Профиль П-образный 50х20х20х1,2 мм 3 м.	п. м.	110	95	20
	Профиль П-образ. 60х20х20х1,2 мм 3 м.	п. м.	120	100	22
	Профиль П-образ. 65х20х20х1,2 мм 3 м.	п. м.	130	110	22
	Профиль П-образ. 80х20х20х1,2 мм 3 м.	п. м.	140	120	24
	Профиль П-образный 100х20х20х1,2 мм 3м.	п. м.	160	135	26

Рисунок 5.1 Характеристики П-образных профилей

Крепежные детали. К ним относятся дюбели, анкерные элементы, кронштейны (8-80 руб/шт.).

Цена зависит от конфигурации, толщины металла, сложности системы.

К кронштейнам для вентилируемого фасада выдвигаются наиболее жесткие требования, т.к. их задача справляться со статическими и динамическими нагрузками, нивелировать неровности стены и регулировать расстояние между направляющими профилями и стеной. Чем больше вынос несущей конструкции, тем жестче должен быть кронштейн.














Общий вид	Характеристика	Общий вид	Характеристика	Общий вид	Характеристика
	Крепежные кронштейны, усиленные ККУ-90x80 (120, 150, 180, 230, 250, 290, 320), с шайбой и изоляционной прокладкой, толщина листа 1,2 и 2,0 мм		Крепежные профили Г-образные КПГ-40x40x3000, КПГ-60x44x3000, КПГШ-60x81x3000; толщина листа 0,9 и 1,2 мм		Крепежный кляммер рядовой с дистанциром ККРД-70x10, толщина листа 1,2 мм
	Удлинитель кронштейна усиленного УК-150x96, толщина листа 1,2 мм		Крепежный профиль Z-образный КПЗ-29x20x3000, толщина листа 1,2 мм		Крепежный кляммер завершающий ККЗ-70x10, толщина листа 1,0 и 1,2 мм
	Крепежные кронштейны КК-50x50 (90, 120, 150, 180, 230), толщина листа 1,2 и 2,0 мм		Крепежный кляммер промежуточный ККП-70x10, толщина листа 1,2 мм		Крепежный кляммер завершающий с дистанциром ККЗД-70x10, толщина листа 1,2 мм
	Крепежные профили шпильные КПШ-50x20x3000 и КПШ-90x20x3000, толщина листа 1,2 мм		Крепежный кляммер рядовой ККР-70x10, толщина листа 1,0 и 1,2 мм		

Рисунок 6.1 Крепежные профили, кронштейны и кляммеры

Кляммеры (7,41-33 руб/шт.). Необходимость их применения определяется видом облицовочного материала.

Цокольный профиль (946 руб/2,5 м, ширина 180 мм). По сути, не является обязательным элементом в устройстве вентфасада, но предотвращает попадание мелкой живности в вентиляционный зазор.

Дополнительные материалы: уголки, торцевые вставки, заклепки, уплотнительные ленты и др.

Отличительной чертой при монтаже подсистемы является отсутствие мокрых работ, узлы вентфасада крепятся механическим способом.

## 2. Утеплитель для вентилируемых фасадов

Монтаж вентфасадов не обязательно выполняется с использованием теплоизоляционных материалов. Однако утепление является современным требованием в рамках повышения энергоэффективности зданий.

Какой утеплитель для вентилируемого фасада лучше выбрать?

Оптимальным решением при выборе утеплителя будет использование материалов с такими показателями:

- степень жесткости: гибкие материалы (минеральная вата или стекловата). Вата используется в 99% случаев устройства вентилируемого

фасада с утеплением. Рекомендуется использовать минвату в плитах, а не в рулонах;

- толщина. Зависит от региона, например, для Москвы и средней полосы РФ достаточно толщины 50-100 мм. Для северных регионов - более 150 мм;

- показатель паропроницаемости -  $> 0,1-0,3 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$ ;

- плотность -  $> 30 \text{ кг}/\text{м.куб.}$  Целесообразно использовать вату двойной плотности. Цена зависит от производителя и плотности. Например, Rockwool (производство Россия). Вата Венти Баттс Д имеет плотность 90/45 кг/м.куб. (90 для верхнего слоя, 45 для нижнего), а Фасад Баттс Д Оптима - 180/94. Стоимость Венти Баттс Д (100 мм) идет от 2 283 руб./м.куб., а цена на Фасад Баттс Д Оптима от 2 205 руб./м.куб.

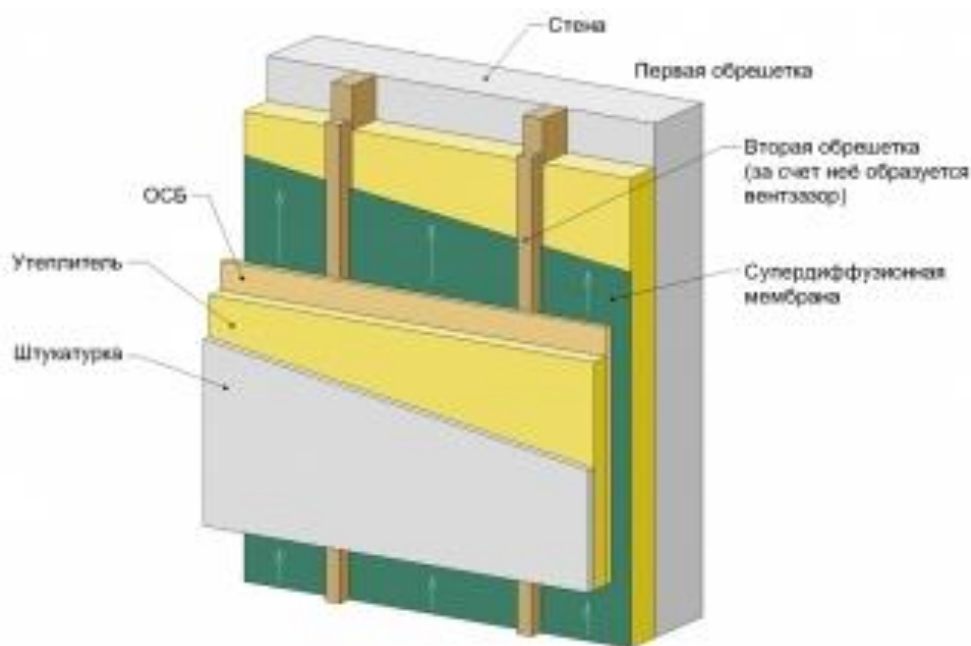


Рисунок 7.1 Монтаж утеплителя

На показатели теплоизоляции оказывают влияние только материалы, которые установлены до вентиляционного зазора.

Пример возможного нецелесообразного монтажа утеплителя показан на рисунке 7.1

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

### *3. Мембрана для вентилируемых фасадов*

Предназначена защищать утеплитель от разрушающего потока воздуха и атмосферной влаги. Показатель паропроницаемости - свыше 800 г/м<sup>2</sup> за сутки.

Изоспан, Россия (плотность 64-139 гр/м.кв., цена - 1 500-4 500 руб./рул. 50 м.п.);

Juta (Юта), Чехия (плотность 110 – 200 гр./м.кв., цена - 1 359-6 999 руб./рул. 50 м.п.);

Также положительные отзывы о геотекстиле ДЮК, Россия (плотность 80-230 гр./м<sup>2</sup> цена 1 580-2 598 руб./рул. 50 м.п.).

Максимальный показатель паропроницаемости для мембраны > 1200 гр./ м<sup>2</sup> /24 ч.

### *4. Воздушный зазор в вентилируемых фасадах*

Именно возможность естественной вентиляции сообщает вентфасадам их свойства. Благодаря наличию воздушной прослойки конструкция обретает свойства термоса.

Примечание. Величина воздушного зазора составляет 50-60% от толщины теплоизоляционного материала. При высоте здания более 4 м.п. необходимо устраивать промежуточные продухи.

### *5. Декоративная облицовка вентилируемых фасадов*

Отделка вентфасада может быть выполнена различными облицовочными материалами: сайдинг, металлокасеты, керамогранит, блок-хаус и т.д. Задача отделочных материалов - защита системы, утеплителя, отражение солнечных лучей и декор (эстетические функции).

Вид облицовочного материала оказывает влияние на прочность каркаса.

Расчет основывается на выполнении прочностных и теплофизических расчетов и включает в себя:

- определение напряжений и прогибов конструктивных элементов (профилей и кронштейнов);

								АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
									27
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

- проверку узлов крепления вентфасада (в тесте учитываются статическая нагрузка, двустороннее обледенение, ветровая нагрузка);

- расчет влажности, воздухопроницаемости с учетом величины зазора и вида теплоизоляционного материала.

Расчет вентфасада может быть выполнен только специалистом на основании рекомендаций производителей навесных систем, с использованием компьютерных программ. Это обусловлено тем, что к вентилируемым фасадам домов выдвигаются повышенные требования к несущей способности, подвижности узлов, устойчивости к коррозии.

Примечание. Система вентилированного фасада не монтируется на домах, построенных из ячеистых бетонов (исключение конструкционный пенобетон, у которого плотность более 800 кг/ м<sup>2</sup>), пустотелого кирпича и т.п. материалов малой жесткости.

До начала работ по обустройству вентилируемого фасада частного дома нужно подготовить: перфоратор, шуруповерт, отвес, строительный уровень, молоток, болгарку, стремянку, строительный степлер, перчатки, защитные очки.

Технология устройства навесного фасада подразумевает выполнение работ последовательно в несколько основных этапов:

1 этап - подготовительный. Подготовка поверхности стены

Степень ровности стены не принимается во внимание. Главное, чтобы не было сильно выступающих элементов, а также сильно поврежденных участков. Обязательным является нанесение грунтовки на поверхность стены.

Шаг разметки определяется видом теплоизоляционного материала. К этому виду работ нужно относиться ответственно, т.к. она определяет качество установки каркаса и общий вид фасада.

2 этап - основной

						АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата			28

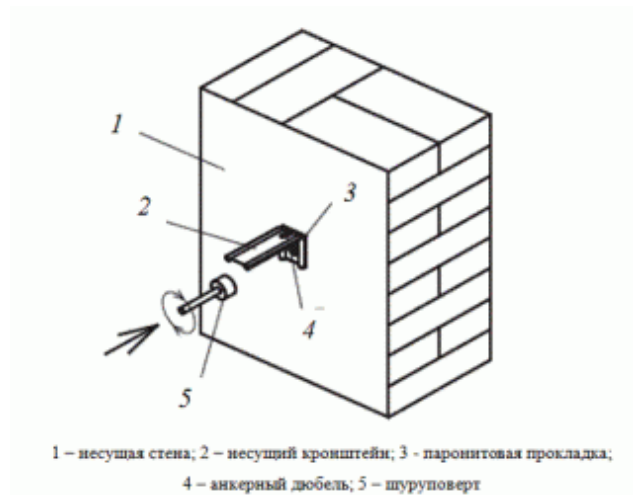


Рисунок 8.1 Крепление кронштейнов к несущей стене

В обозначенных местах крепятся кронштейны с применением анкеров, обработанных средствами против коррозии или оцинкованными. Для анкера перфоратором готовится углубление, диаметр которого равен диаметру дюбеля, а глубина на 5 мм. больше. Между стеной и кронштейном устанавливается паронитовая прокладка.

Совет: анкерные дюбеля не устанавливаются в кладочный шов. Минимальное расстояние от края стены составляет 100 мм.

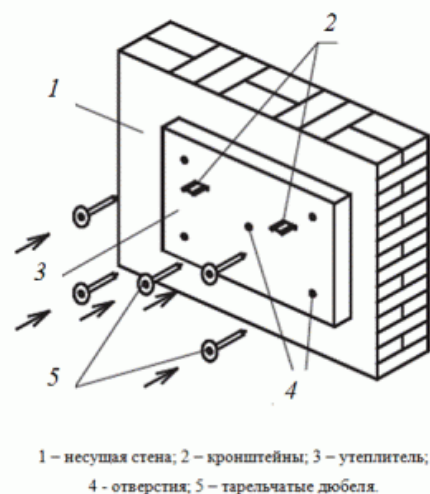


Рисунок 9.1 Монтаж кронштейнов на стену с прокладкой

### *Монтаж гидроизоляции*

Под гибкий утеплитель рекомендуется укладывать мембрану.

### Монтаж теплоизоляционного материала

Утеплитель лучше использовать в плитах. Плиты устанавливаются

						АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			29

между направляющими профилями так, чтобы не было зазоров.

Крепление утеплителя выполняется в зависимости от его вида. Для ваты - это дюбель-зонтик. Расход - минимум 5 шт. на лист.

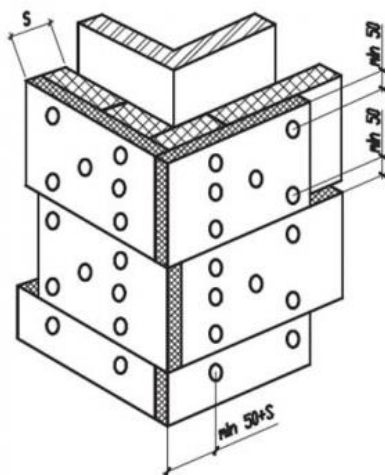


Рисунок 10.1 Крепление утеплителя

При утеплении в два слоя, второй слой утеплителя укладывается со смещением на первый. В этом случае первый лист крепится двумя дюбелями-зонтиками, а второй - пятью.

Пленка ветробарьера или её более эффективный аналог диффузионная мембрана монтируется горизонтально. Работы ведутся снизу-вверх, соблюдая требования к наличию вертикальных и горизонтальных перехлестов в 100-150 мм. Место стыка закрепляется строительным степлером. Важно правильно ориентировать пленку. Уложенная не той стороной, она не будет выполнять свои функции.

Пленку рекомендуется прижимать бруском или профилем из металла, чтобы защитить её от ветровой нагрузки.

#### *Монтаж направляющих профилей*

С помощью профиля формируют каркас для установки облицовочного материала. В подавляющем большинстве случаев направляющий профиль монтируют горизонтально, а первым устанавливается угловой профиль.

Перед тем как приступить к монтажу облицовочного материала, правильность каркаса проверяется по приведенной ниже таблице.

						АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			30

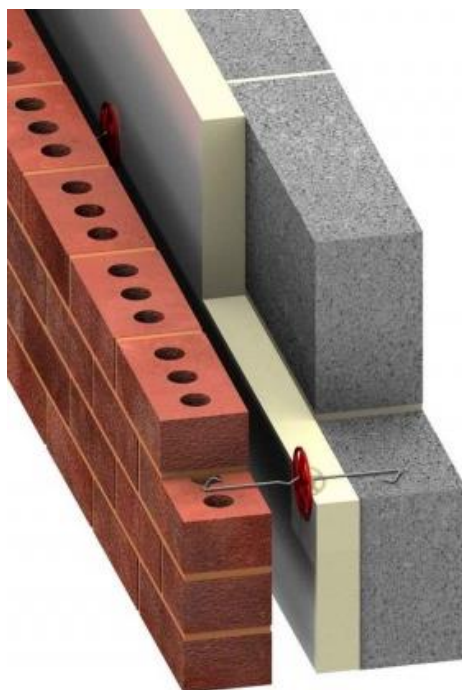
Таблица 2.1 Проверка правильности каркаса перед монтажом

№№ п.п.	Наименование показателя	Допускаемое значение, мм
1.	Отклонения от проектного положения разбивочных осей и высотных отметок	
1.1.	Отклонение от проектного положения разбивочных осей	±10
1.2.	Отклонение от проектного положения высотных отметок	±10
2.	Отклонения от проектного положения направляющей	
2.1.	<i>В плоскости стены</i> Отклонение от вертикальности (горизонтальности)	3
2.2.	<i>Перпендикулярно плоскости стены</i> Отклонения от вертикальности (горизонтальности)	1
2.3.	Отклонение от проектного расстояния между соседними направляющими	20
2.4.	Отклонение от соосности смежных (по высоте) направляющих	2
2.5.	Отклонение от проектного зазора между смежными направляющими	+5; -0
2.6.	Уступ между смежными по высоте направляющими	4
3.	Отклонения от проектного положения фасада и его элементов	
3.1.	Отклонение от вертикальности	2 на 1м длины
3.2.	Отклонение от плоскостности	5 на 1м длины 5 на 1 этаж
3.3.	Уступ между смежными листами	4
4.	Отклонения от проектного размера и положения зазора между листами (кассетами)	
4.1.	Отклонение от проектного размера зазора	±2
4.2.	Отклонения от проектного положения зазора (отклонение от вертикальности, горизонтальности, от заданного угла)	2 на 1м длины
5.	Отклонение от проектного положения крепежных элементов	5

3 этап - завершающий

*Финишная отделка*

Монтаж облицовочного материала выполняется в соответствии с требованиями производителя.



Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

АСИ-393-08.04.01-2020

Лист

31



### Рисунок 11.1 Фиксация утеплителя кляммерами

Обычно работы выполняются снизу-вверх. Фиксируется облицовка на профиле с помощью метизов. Для сайдинга - это «блошки», для блок-хауса - саморез по дереву, для более тяжелых материалов - специальные кляммеры. Инструкция по креплению прилагается производителем материала. При этом наличие щелей и просветов не допустимо. Устранить их можно с помощью специальных накладок.

Более сложной является технология монтажа металлокассет и плит из керамогранита. Т.к. для их крепления применяется несколько видов кляммеров: концевые, поворотные, дистанционные. Чтобы выполнить установку правильно нужно иметь навыки монтажа.

Также своей спецификой отличается отделка клинкерным кирпичом. Его монтаж выполняется путем обустройства гибкой связи с несущей стеной, а для строительства стены из клинкерного кирпича предусматривается заливка дополнительного фундамента.



Рисунок 12.1 Перфорированные фасадные панели

Отдельным направлением в сфере устройства навесных вентилируемых фасадов является использование перфорированных фасадных панелей.

Фасадная панель с перфорацией не требует наличия вентиляционного зазора, т.к. она пропускает воздух и пар, при этом задерживает воду.

									Лист
									32
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020				



В случае монтажа систем подобного рода выдвигаются особые требования к утеплителю. Он должен иметь защитное покрытие.

Последним штрихом в монтаже облицовочного материала является декорирование углов и откосов доборными планками.



Рисунок 13.1 Декорирование вентилируемых фасадов

Ошибки при монтаже вентилированного фасада

- ошибки в расчетах. Вследствие которых, каркас не справляется с нагрузкой;
- использование деформированных элементов;
- изменение технологии устройства системы направляющих;
- неразумная экономия на материале, крепежах и инструментах;
- использование некачественного утеплителя;
- нарушение техники безопасности.

Правильно установленный и смонтированный вентилируемый фасад - повысит энергоэффективность дома и улучшит его внешний облик (экстерьер).

#### 1.4 Постановка задач исследования

Цель нашего исследования - расчет сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение уровня тепловой защиты фасадов (наружных стеновых конструкций) эксплуатируемых зданий, построенных и введенных в эксплуатацию до 2000-го года.

									Лист
									33
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020				

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассчитать срок окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, рассчитан для двух расчетных случаев:

- простая окупаемость;
- сложная окупаемость с учетом выплаты процентов по кредиту, роста тарифов на тепловую энергию и дисконтирования будущих денежных потоков.

### **Выводы по первой главе:**

Для повышения энергоэффективности зданий и снижения эксплуатационных расходов на отопление зданий рекомендуется утепление ограждающих конструкций, в нашем случае – фасадов кирпичного жилого дома. Проведя анализ существующих конструкций, выбираем конструкцию крепления утеплителя и вентилируемый фасад.

### **2. Описание методик выполнения исследований**

В качестве объекта исследования принят многоквартирный жилой дом с наружными стенами из кирпича (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе, в рамках исследования утепленный минераловатным утеплителем с вентилируемым фасадом.(паспорт дома в Приложении).

Площадь наружных стен (без учета светопрозрачных заполнений оконных проемов) рассматриваемого жилого многоквартирного здания, вне зависимости от места его расположения, усредним и примем равной 3 000 м<sup>2</sup>.

#### **2.1 Цель исследования**

Целью настоящего исследования является расчет потерь тепловой энергии через наружные стены жилого многоквартирного здания до и после утепления фасадов с использованием изделий теплоизоляционных из пенополистирола фасадных марок и изделий теплоизоляционных из

					<b>АСИ-393-08.04.01-2020</b>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

минеральной (каменной) ваты на синтетическом связующем, а также оценка прогнозируемого срока окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на утепление фасадов существующих жилых зданий, расположенных на территории города Сургут.

Исходные данные для расчета

Теплотехнические характеристики наружных стен до проведения работ по утеплению фасадов

В период постройки зданий до 2000 года действующим документом при проектировании ограждающих конструкций был СНиП II-А.7-62 [8]. Согласно требованиям п. 3.7 [8] величина сопротивления теплопередаче наружных ограждений должна быть не менее требуемого значения  $R_o^{тр}$ , определяемого по формуле:

$$R_o^{тр} = \frac{(t_{в} - t_{н}) \cdot n \cdot b}{\alpha \cdot \Delta t_{н}} \quad (1)$$

где  $t_{в}$  - температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно требованиям п. 2.4 [6] равной 21°C;

$t_{н}$  - температура наружного воздуха, принимаемая согласно требованиям СНиП II-А.6-62 [7] для массивных ограждающих конструкций равной минус 43 °С - применительно для климатических условий города Сургут;

$n$  - коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху и принимаемый по табл. 9 [8] для наружных стен равным 1;

$b$  – коэффициент качества теплоизоляции, принимаемый для стен без утеплителя равным 1 согласно п. 3.11 [8];

$\alpha_{в}$  – коэффициент тепловосприятости, принимаемый для наружных стен жилых зданий равным 8,7 Вт/(м·°С);

$\Delta t_{н}$  - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждения, принимаемый для наружных стен жилых зданий равным 4 °С.

										Лист
										35
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Исходя из представленных данных, рассчитаем по формуле (1) требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен для зданий, возводимых в 80-х годах XX века:

- применительно для климатических условий города Сургут:

$$R_0^{\text{тр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n \cdot b}{\alpha \cdot \Delta t_{\text{н}}} = \frac{(21 - (-43)) \cdot 1 \cdot 1}{8,7 \cdot 4} = 1,84 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Полученные значения примем в качестве исходных значений  $R_0^{\text{тр(исх)}}$  сопротивления теплопередаче наружных стен существующего многоквартирного жилого здания до проведения работ по утеплению фасадов.

## 2.2 Анализ методик для определения сопротивлений теплопередаче наружных стен

Требуемые теплотехнические характеристики наружных стен после проведения работ по утеплению фасадов.

Согласно требованиям п.п. 1 и 5 Постановления Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. № 1521 с 1 июля 2015 года нормативные требования к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций должны регламентироваться согласно СП 50.13330 [9].

Согласно примечанию 1 табл. 3 [9] базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче определяется по формуле:

$$R_0^{\text{тр}} = a \cdot \text{ГСОП} + b \quad (2)$$

где – ГСОП - градусо-сутки отопительного периода (см. данные таблиц 1 и 2);

a, b - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным табл. 3 СП 50.13330 [40] для соответствующих групп зданий и конструкций: для наружных стен жилых зданий a = 0,00035, b = 1,4.

						Лист
					АСИ-393-08.04.01-2020	36
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Таблица 1.2 Расчетные условия для жилых зданий, расположенных на территории города Сургут Тюменской области

Показатель	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха	$t_n$	$^{\circ}\text{C}$	-43
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	$^{\circ}\text{C}$	-9,9
Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	257
Градусо-сутки отопительного периода ГСОП	ГСОП	$^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут/год}$	7941,3
Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_{в}$	$^{\circ}\text{C}$	21

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от}$$

На основании полученных исходных данных рассчитаем по формуле (1) базовые значения:

$$R_0^{\text{TP}} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0,00035 \cdot 7941,3 + 1,4 = 4,18 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

Таким образом, для того, чтобы существующие здания, построенные в 80-х годах прошлого века, соответствовали современным нормативным требованиям по тепловой защите, сопротивление теплопередаче наружных стен должно быть доведено до  $4,18 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$  применительно для климатических условий Сургута.

## 2.3 Расчет и выбор вариантов выбора утеплителя для кирпичной стены с вентилируемым фасадом

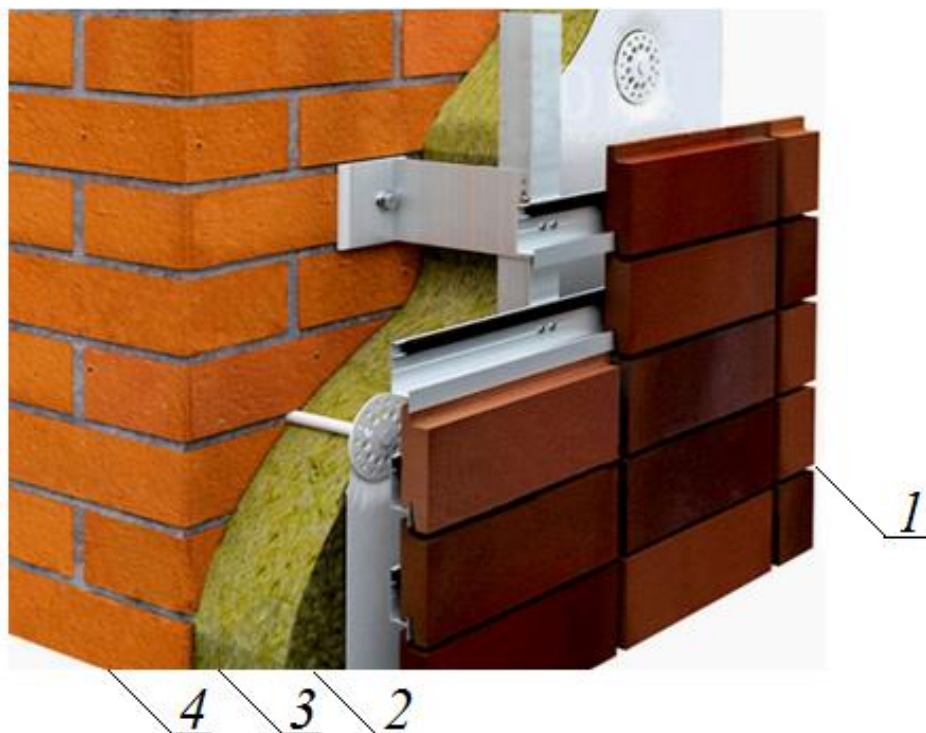


Рисунок 1.2 Кирпичная стена с утеплителем

1 - внешняя отделка фасада; 2 – вентзазор; 3- утеплитель; 4 - массив кирпичной стены.

Расчет требуемой толщины слоя теплоизоляции  $\delta_{тр}$ , м, произведем на основании следующей формулы [1, 2]:

$$\delta_{тр} = (R_0^{тр(нов)} - R_0^{тр(исх)}) \cdot \frac{\lambda_{ут}}{r_{т.о.}}, \quad (4)$$

где  $R_0^{тр(нов)}$  - современное значение требуемого (нормируемого) сопротивления теплопередаче наружных стен здания,  $\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$ ;

$R_0^{тр(исх)}$  - исходное (фактическое) значение сопротивления теплопередаче наружных стен зданий до проведения мероприятий по их дополнительному утеплению,  $\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$ ;

$\lambda_{ут}$  - теплопроводность слоя теплоизоляции,  $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ ; принимается для условий эксплуатации Б ( $\lambda_B$ );

$r_{т.о.}$  - коэффициент теплотехнической однородности дополнительного слоя теплоизоляции.

Теплопроводность теплоизоляционных изделий из пенополистирола марки ПСБ-С М25Ф для условий эксплуатации Б ( $\lambda_B$ ) на основании Протокола испытаний № 358 НИИСФ РААСН от 28 июля 2005 года примем равной  $0,040 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

На основании исходных данных примем для Сургута следующие исходные и конечные значения сопротивлений теплопередаче фасадов:

- исходное значение:  $R_0^{\text{ТР}} = 1,84 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$

- конечное значение, требуемое на основании современных требований стандартов по тепловой защите:

$$R_0^{\text{ТР}} = 4,18 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Коэффициент теплотехнической однородности  $r_{т.о.}$  для всех вариантов конструктивного исполнения фасадов примем равным 0,75.

Применительно для климатических условий города Сургут требуемые значения толщин слоя теплоизоляции по формуле (4) составят:

$$\delta_{\text{ТР}} = \left( R_0^{\text{ТР(нов)}} - R_0^{\text{ТР(исх)}} \right) \cdot \frac{\lambda_{\text{ут}}}{r_{т.о.}} = (4,18 - 1,84) \cdot \frac{0,04}{0,75} = 0,1248 \text{ м}$$

Соответственно, для дальнейших расчетов, вне зависимости от типа применяемой теплоизоляции и месторасположения здания в пределах выбранного населенного пункта (Сургут), примем, что требуемая толщина теплоизоляционных изделий, предназначенных для утепления плитами из пенополистирола фасадов существующих зданий до удовлетворения современных требований по тепловой защите [9], составляет 125 мм.

Проведем исследование, рассмотрим несколько вариантов применения утеплителя. С различными характеристиками и разной ценовой категории.

										Лист
										39
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					

Таблица 2.2 Сравнение различных утеплителей для вентилируемого фасада

№ <sup>0</sup>	Марка утеплителя, производитель	Назначение	Технические характеристики	Ценовые характеристики
1	Пенопласт пенополистирольный ПСБ-С-25 производитель Пеноплэкс Санкт-Петербург, Пермь, Новосибирск	Предназначен для тепловой изоляции в качестве среднего слоя строительных ограждающих конструкций и промышленного оборудования при отсутствии контакта плит с внутренними помещениями. Температура изолируемых поверхностей не должна быть выше 80° С. Плиты могут применяться в конструкциях, работающих при отрицательных температурах до -56° С. Пенополистирол безопасен для здоровья и окружающей среды. Эксплуатационные характеристики пенополистирола не изменяются в течение всего срока эксплуатации сооружения	Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, МПа – 0,08. Плотность – 25 кг/м <sup>3</sup> . Предел прочности при изгибе не менее – 0,17 МПа. Теплопроводность в сухом состоянии при 25 <sup>0</sup> С, - 0,040 Вт/(м*К). Водопоглощение за 24 часа, % по объему, не более 2%. Влажность не более 2,4 %. Температурный режим эксплуатации от -70 <sup>0</sup> С, до +85 <sup>0</sup> С. Пожарная маркировка Г1 - слабогорючий.	Цена в Сургуте 1600 руб/м <sup>3</sup>
2	Минераловатная плита Техноблок Стандарт Производственная корпорация Технониколь	Техноблок представляет собой гидрофобизированную тепло-либо звукоизоляционную плиту, которая не подлежит возгоранию. Создаются такие плиты с использованием минеральной ваты, основой которой являются горные породы базальтовой категории на низкофенольном связующем.	Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, МПа – 0,08. Плотность – 40-50 кг/м <sup>3</sup> . Предел прочности при изгибе не менее – 0,17 МПа. Теплопроводность в сухом состоянии при 25 <sup>0</sup> С, - 0,040 Вт/(м*К). Водопоглощение за 24 часа, % по объему, не более 1,5%. Влажность не более 0,5 %.	2600 руб/м <sup>3</sup> цена в Сургуте
3	EURO-ВЕНТ АО Тизол г. Нижняя Тура, Свердловская область	Негорючие гидрофобизированные тепло-звукоизоляционные плиты из минеральной ваты на основе горных пород базальтовой группы с высоким уровнем теплозащиты и звукопоглощающей способностью. Плиты разработаны специально для навесных фасадных систем с воздушным зазором. Их	Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, кПа – 18. Плотность – 70-90 кг/м <sup>3</sup> . Предел прочности при растяжении не менее – 7 кПа. Теплопроводность в сухом состоянии при 25 <sup>0</sup> С, - 0,040 Вт/(м*К). Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении,	3200 руб/м <sup>3</sup> цена в Сургуте



		применение не требует использования ветрозащитных мембран.	кг/м <sup>2</sup> , не более - 1,0 Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па), не менее - 0,3	
4	URSA TERRA 37PN Компания URSA Германия Производство в России г.Чудово, г. Серпухов	Упругий тепло- и звукоизоляционный материал выпускается в виде плит и предназначен для применения в конструкциях каркасных стен и перегородок Технология URSA TERRA придает продукту повышенную формостабильность и упругость, а упаковка большого объема позволяет оптимизировать затраты на доставку	Теплопроводность $\lambda_b = 0,042$ Вт/мК Горючесть: НГ Класс пожарной опасности: КМО Температура применения: от -60 °С до +220 °С Водопоглощение при частичном погружении за 24 часа: $\leq 1$ кг/м <sup>2</sup> Коэффициент паропроницаемости $\mu$ : 0,542 мг/м·ч·Па Сопротивление паропроницанию R: 0,055 м <sup>2</sup> ·ч·Па/мг Коэффициент воздухопроницаемости $i$ : 0,279 кг/[м·ч·(Па) <sup>n</sup> ] Сопротивление воздухопроницанию Ru: 1,227 м <sup>2</sup> ·ч·(Па) <sup>n</sup> /кг	2100 руб/м <sup>3</sup> цена в Сургуте
5	Каменная вата Rockwool  ВЕНТИ БАТТС 100  ROCKWOOL Производство в России г.Железнодорожный, г. Троицк, г. Выборг.	ВЕНТИ БАТТС – жёсткие гидрофобизированные теплоизоляционные плиты, изготовленные из минеральной ваты на основе базальтовых пород.  Плиты минераловатные ВЕНТИ БАТТС используются в качестве теплоизоляции на внешней стороне вентилируемых фасадных конструкций.  Размеры (мм) 1000x600x50..180	Водопоглощение по объёму составляет $\leq 1,5$ %.  Плита минераловатная ВЕНТИ БАТТС является негорючим материалом в соответствии с ГОСТ 30244-94. Температура плавления волокон более 1000° С.  <b>Плотность</b> 100 кг/м <sup>3</sup> $\mu=0,30$ мг/(м·ч·Па)  Теплопроводность в сухом состоянии, $\lambda$ Вт/(м·К), $\lambda_a=0,042$ $\lambda_b=0,045$ $\lambda_{10}=0,034$  Прочность на сжатие при 10% деформации, кПа, не менее 18  Механическое крепление осуществляется специальными дюбелями.	Цена в Сургуте 3000 руб/м <sup>3</sup>

Рассматривая характеристики приведенных утеплителей, делаем выбор в пользу материала - пенопласт пенополистирольный ПСБ-С-25, производимого компанией Пеноплэкс. Если по теплофизическим свойствам

									Лист
									41
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020				

рассматриваемые материалы примерно одинаковы, то по двум показателям ПСБ-С-25 превосходит остальные. Удельный вес или плотность самая низкая, что упрощает монтаж утеплителя. Самый важный показатель - цена – также самая низкая, из пяти рассматриваемых утеплителей.

#### 2.4 Расчет площади утепленного фасада дома

Жилой дом в Сургуте, Ханты-Мансийском (Югре) АО, по адресу ул. 30 лет Победы, д. 28 построен в 1980 году, 9-этажный имеет общую площадь всех помещений 5733,20 квадратных метров. Дом находится под управлением УК «ДЕЗ ЦЖР» с 01.01.2007.

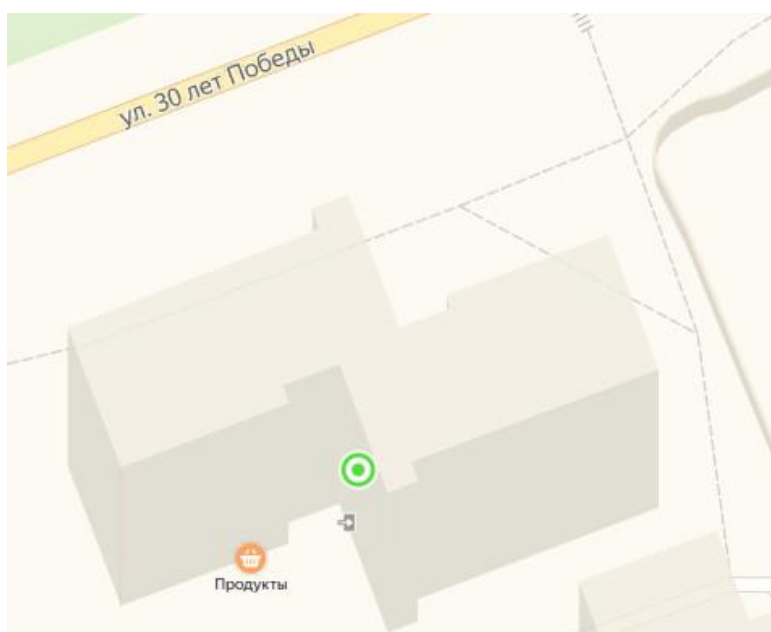


Рисунок 2.2 Жилой дом на карте города Сургута

Стены - кирпичные (проект индивидуальный).

Класс энергетической эффективности – не присвоен.

Количество жилых помещений - 87 (3760 м<sup>2</sup>).

Количество нежилых помещений - 4 (108 м<sup>2</sup>).

Количество лифтов - два, подъездов 1.

Количество этажей - 9.

Кадастровый номер - 86:10:0101031:41

Периметр в плане - 145 м.

Высота дома –  $H_d = h_{\text{цок}} + h_{\text{эт}} \cdot 9 + h_{\text{чер}} = 2 + 3 \cdot 9 + 2 = 31$  м.

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Площадь фасадов дома с остеклением и балконами –  $S_1=145 \cdot 31= 4495 \text{ м}^2$ .

Площадь фасадов без оконных проемов и балконов –

$$S_2 = \frac{2}{3} S_1 = \frac{2}{3} \cdot 4495 = 2997 \approx 3000 \text{ м}^2$$



Рисунок 3.2 Жилой дом в Сургуте, по адресу ул. 30 лет Победы, д. 28

## 2.5 Капитальные затраты на утепление фасадов

В соответствии с исходными данными расчета, площадь фасадов существующего здания принята равной  $3000 \text{ м}^2$ . Стоимость монтажных работ, крепежных и отделочных материалов, используемых при утеплении фасадов существующих зданий, расположенных в Сургуте, примем одинаковыми.

Капитальные затраты на дополнительное утепление  $3000 \text{ м}^2$  фасадов существующего здания слоем теплоизоляции из пенополистирола (с противопожарными рассечками и окантовками из жестких минераловатных плит) толщиной 125 мм с последующим нанесением тонкого штукатурного покрытия ДК примем равными 5 720 000 руб, из которых:

										Лист
										43
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	АСИ-393-08.04.01-2020					

- 3 750 000 рублей (стоимость комплекса работ по монтажу фасадной системы с учетом строительных лесов, накладных и прочих расходов);
- 1 970 000 рублей (стоимость строительных материалов), в том числе:
  - 600 000 рублей - стоимость теплоизоляционных плит из пенополистирола;
  - 220 000 рублей - стоимость противопожарных рассечек и окантовок из жестких минераловатных плит;
  - 250 000 рублей - стоимость клеевой смеси для монтажа утеплителя;
  - 180 000 рублей - стоимость дюбелей тарельчатых с термоголовкой и оцинкованным гвоздем 10×260 мм;
  - 100 000 рублей - стоимость сетки щелочестойкой 5×5 мм 160 г/м<sup>2</sup> ;
  - 55 000 рублей - стоимость самоклеющегося профиля ПФХ примыкания с сеткой;
  - 30 000 рублей – стоимость профиля углового;
  - 310 000 рублей – стоимость штукатурно-клеевой смеси (для базового армирующего слоя);
  - 25 000 рублей – стоимость грунта универсального (под декоративную финишную штукатурку);
  - 200 000 рублей - стоимость декоративной минеральной штукатурки.

Как видно из представленной структуры капитальных вложений на дополнительное утепление стен существующего здания, стоимость непосредственно теплоизоляции ( $\mathcal{E}_{\text{теплоиз.}} = 600\ 000$  руб.) составляет чуть более 10% от общей стоимости работ и материалов ( $\mathcal{E}_{\Sigma} = 5\ 720\ 000$  руб.).

**Примечание.** Представленные капитальные затраты на утепление фасадов существующих зданий актуальны для УрФО - Уральского федерального округа. Стоимость материалов рыночная, для оптовой категории клиентов. Стоимость работ соответствует средней по рынку. Стоимость материалов и работ может быть снижена путем проведения торгов по каждому конкретному объекту.

					<b>АСИ-393-08.04.01-2020</b>	<i>Лист</i>
						44
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2.6 Расчет потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции.

Рассмотрим утепление наружных стен здания, построенного в Сургуте до 2000 года. Примем, что сопротивление теплопередаче наружных стен соответствует требованиям, принимаемым к ограждающим конструкциям до 2000 года, и составляет  $R_0^{\text{исх}} = 1,84 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ .

$$U = \frac{1}{R}. \quad (5)$$

При  $R_0^{\text{исх}} = 1,84 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ , по формуле (5) получим, что исходное значение коэффициента теплопередачи

$$U_{\text{исх}} = \frac{1}{R} = \frac{1}{1,84} = 0,54 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Количество градусо-суток отопительного периода в Сургуте показано в таблице 1 и составляет 7941,3 °C·сут. Отопление в здании - централизованное (от городской ТЭЦ).

Стоимость тепловой энергии для расчета размера платы за коммунальную услугу по отоплению, предоставляемую гражданам, проживающим в многоквартирных домах,  $c_t = 1776,42$  руб/Гкал с учетом НДС на первое полугодие 2019 года (см. Приказ региональной службы по тарифам ХМАО N<sup>0</sup>125-ип от 18.12.2018г.).

Требуется утеплить наружные стены существующего здания, расположенного на территории г. Сургута, до соответствия их современным требованиям к уровню тепловой защиты [9] и рассчитать прогнозируемый срок окупаемости мероприятий по дополнительному утеплению с учетом роста тарифов на тепловую энергию и дисконтирования будущих денежных потоков.

В качестве системы утепления примем систему фасадную теплоизоляционную композиционную (СФТК) с тонким штукатурным слоем по слою утеплителя. В качестве утеплителя примем плиты

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		45

теплоизоляционные из пенополистирола фасадных марок с устройством противопожарных рассечек и окантовок из жестких минераловатных плит.

Требуемое (нормируемое) сопротивление теплопередаче для наружных стен жилых зданий применительно к климатическим условиям Сургута (ГСОП=4537 °С·сут)

$$R_0^{\text{тр(нов)}} = 4,18 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

## 2.7 Расчет прогнозируемого срока окупаемости энергосберегающих мероприятий.

Значению сопротивления теплопередаче  $4,18 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$ , выполненного в п. 2.5 - соответствует коэффициент теплопередачи:

$$U_{\text{нов}} = 0,239 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

Рассчитаем величину уменьшения эксплуатационных затрат за первый отопительный период в результате внедрения энергосберегающих мероприятий[10]:

$$\Delta \text{Э} = \frac{(U_{\text{исх}} - U_{\text{нов}}) \cdot 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot A_{\text{ок}} \cdot c_{\text{т}}}{1163} \left( \frac{\text{руб}}{\text{год}} \right).$$

$$\Delta \text{Э} = \frac{(0,54 - 0,239) \cdot 0,024 \cdot 7941,3 \cdot 3000 \cdot 1776,42}{1163} = 262880 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

Среднегодовой рост тарифов на тепловую энергию примем равным 5 %, 2016 - 4,9%, 2017 - 4,9%, 2018 - 5,5%, 2019 - 4,1 %.

Отсюда параметр модели  $r$ , характеризующий средний ежегодный рост стоимости тарифов на тепловую энергию примем равным  $r=0,05$ .

Дисконтирование будущих денежных потоков ( $i$ ) произведем по среднестатистическому значению инфляции в России за последние 4 года  $i=4,0\%$ , 2016 - 5,4 %, 2017 - 2,5 %, 2018 - 4,27 %, 2019 - 3,95 % - на основании которого параметр дисконтирования будущих денежных потоков  $i$ , достигаемых за счет уменьшения расхода тепловой энергии после утепления фасадов существующего здания, примем равным  $i=0,04$ .

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
						46
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На основании принятых в модели исходных данных произведем расчет прогнозируемого срока окупаемости инвестиций в утепление фасадов существующего здания, расположенного на территории города Сургут.

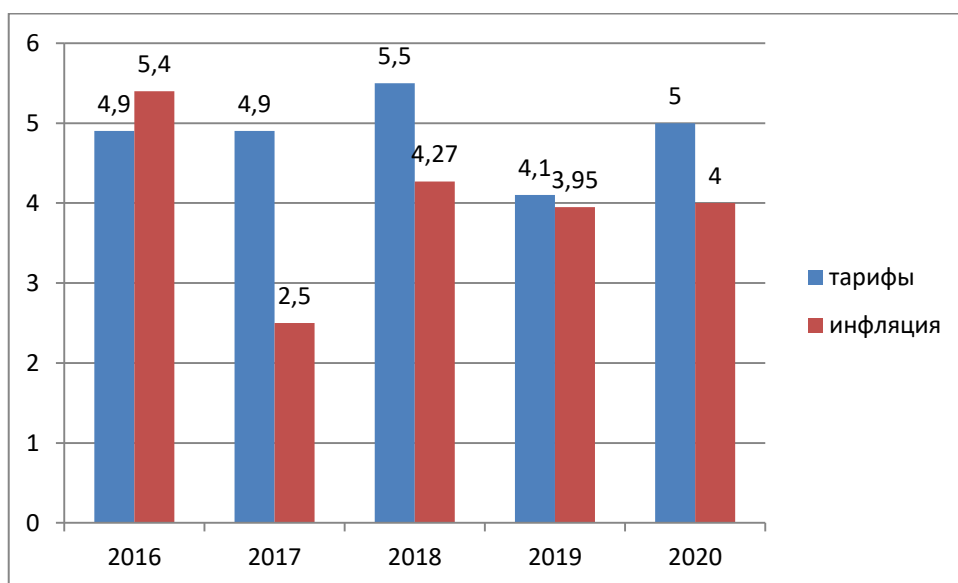


Рисунок 4.2 Рост тарифов на тепловую энергию и инфляция в 2016-2020 гг.

$$T = \frac{\ln\left[1 + \frac{\Delta \Sigma \cdot (r - i)}{\Delta \Sigma \cdot (1 + i)}\right]}{\ln\left[\frac{1 + r}{1 + i}\right]}$$

$$T = \frac{\ln\left[1 + \frac{572000 \cdot (0,05 - 0,04)}{262880 \cdot (1 + 0,04)}\right]}{\ln\left[\frac{1 + 0,05}{1 + 0,04}\right]} = 19,84 \text{ (лет эксплуатации)}$$

Таким образом, при сложившейся экономической и тарифной ситуации прогнозируемый срок окупаемости инвестиций в утепление фасадов существующих зданий применительно для климатических условий Сургута составит не более 20 лет эксплуатации.

Разница затрат тепловой энергии до и после утепления фасадов составит:

$$\Delta Q = \frac{(U_{\text{исх}} - U_{\text{нов}}) \cdot 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot A_{\text{ок}}}{1163}$$

$$\Delta Q = \frac{(0,54 - 0,239) \cdot 0,024 \cdot 7941,3 \cdot 3000}{1163} = 148 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

## Выводы по второй главе:

Одним из способов снижения потерь тепловой энергии на отопление является дополнительное утепление наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, чердачных перекрытий, наружных дверей и пр.). Повышение уровня теплоизоляции ограждающих конструкций приводит к уменьшению так называемых трансмиссионных потерь тепловой энергии.

Для достижения требуемого уровня тепловой защиты фасады существующих зданий требуется утеплить. В рамках данного исследования в качестве системы утепления фасадов принята система фасадная теплоизоляционная композиционная (СФТК) с тонким штукатурным слоем по слою утеплителя. В качестве слоя теплоизоляции приняты плиты теплоизоляционные из пенополистирола фасадных марок с устройством противопожарных рассечек и окантовок из жестких минераловатных плит.

Требуемая толщина слоя теплоизоляции из пенополистирола фасадных марок составляет 125 мм.

Уменьшение потерь тепловой энергии после утепления 3 000 м<sup>2</sup> фасада существующего здания, расположенного на территории г. Сургут (ГСОП=7941 °С·сут), до нормативного уровня (4,18 м<sup>2</sup> ·°С/Вт) составит 148 Гкал/год, что при стоимости тепловой энергии для населения 1776,43 руб/Гкал позволит сэкономить после первого отопительного периода 383200 руб.

Это составит 50,4 рублей на 1 м<sup>2</sup> жилых отапливаемых помещений в год.

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
						48
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		



### 3. Технико-экономическая оценка результатов исследований

#### 3.1. Оценка жилого фонда города Сургут

По состоянию на 01.01. 2019 года жилой фонд города Сургут состоял из 1379 домов общей площадью 9 056 991 м<sup>2</sup>. Из этого количества 65,7% квартир и 81,4% домов построено в городе Сургут до 2000 года, то есть требуют дополнительного утепления наружных ограждающих конструкций.

Таблица 3.1 Общее количество домов в Сургуте с указанием суммарной площади по годам.

Год постройки	Суммарная площадь	Число домов	Кол-во квартир	Жилая площадь	Нежилая площадь	Нежилых помещений
2010 - 2019	1628507.90 м <sup>2</sup>	91	20767	1149799.95 м <sup>2</sup>	125391.07 м <sup>2</sup>	681
2000 - 2009	1869135.90 м <sup>2</sup>	165	22180	1316499.01 м <sup>2</sup>	158560.53 м <sup>2</sup>	782
1990 - 1999	1615132.31 м <sup>2</sup>	198	21478	1283001.29 м <sup>2</sup>	47149.38 м <sup>2</sup>	286
1980 - 1989	2989352.45 м <sup>2</sup>	512	43513	2270601.43 м <sup>2</sup>	109424.32 м <sup>2</sup>	725
1970 - 1979	847976.97 м <sup>2</sup>	265	15049	708906.53 м <sup>2</sup>	23687.00 м <sup>2</sup>	180
1960 - 1969	105475.86 м <sup>2</sup>	137	2329	90833.58 м <sup>2</sup>	3116.60 м <sup>2</sup>	28
1950 - 1959	1409.70 м <sup>2</sup>	11	36	878.30 м <sup>2</sup>	244.50 м <sup>2</sup>	16
Итого	9056991.09 м <sup>2</sup>	1379	125352	6820520.09 м <sup>2</sup>	467573.4 м <sup>2</sup>	2698

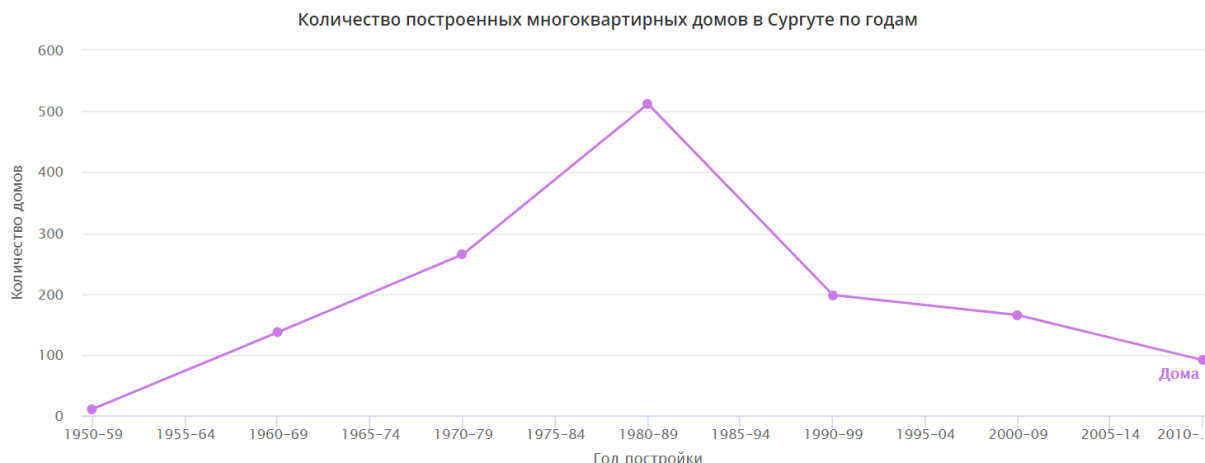


Рисунок 3.1 Количество многоквартирных домов построенных в Сургуте по годам

38,6% домов по площади построена после 2000 г. и не требует утепления фасадов. Оставшиеся 61,4% требуют утепления фасадов.

Таблица 3.2 Сравнительная характеристика жилого фонда города Сургут

Наименование	Дома	Количество квартир	Общая площадь, м <sup>2</sup>	% дома	% кварт.	% площадь
Общее количество в городе	1379	125352	9056991	100	100	100
Количество построенных до 2000 г.	1123	82405	6306741	81,4	65,7	69,6
Количество построенных после 2000 г.	256	42947	2750250	18,6	34,3	30,4



Рисунок 3.2 Площадь многоквартирных домов в Сургуте по годам

### 3.2. Экономическая эффективность проведенных мероприятий

Исходя из выше приведенных данных в городе Сургут по состоянию на 2019 год требуют утепления - 1123 дома, с общим количеством квартир - 82405, с общей площадью - 6396741 м<sup>2</sup>, что составляет по площади 69,6% от общего жилого фонда.

Во второй главе был произведен расчет уменьшения эксплуатационных затрат в денежном эквиваленте и затрат тепловой энергии за отопительный период, т.е. за год. Он составил - 382200 рублей или 148 Гкал/год. Общая площадь квартир дома - 5220 м<sup>2</sup>. Экономия с 1м<sup>2</sup> общей

площади жилого дома составит 73,21 руб/м<sup>2</sup> или 0,0284 Гкал/м<sup>2</sup> за отопительный период, эта экономия сопоставима с месячным тарифом на тепловую энергию.

*Норматив потребления коммунальной услуги по отоплению в жилых помещениях на территории муниципального образования г. Сургут Ханты-Мансийского автономного округа - Югры в 2019 году.*[12]

Таблица 3.3 Многоквартирные жилые дома со стенами из кирпича до 2000 года постройки включительно:

Этажность дома	Норматив потребления (Гкал на 1 кв. метр общей площади жилого помещения в месяц)
1	0,0540
2	0,0524
3-4	0,0329
5-9	0,0296

Площадь квартир каждого этажа в доме составляет 580 м<sup>2</sup>.

Тогда расход тепловой энергии дома в месяц составит:

$$Э_{\text{теп.мес.}} = (0,0540+0,0524+2\cdot 0,0329+5\cdot 0,0296)\cdot 580 = 185,7 \text{ Гкал/мес.}$$

Отопительный период в городе Сургут длится 257 суток или 8,5 месяцев.

Расход тепловой энергии дома в отопительный период составит:

$$Э_{\text{теп.год.}} = 185,7\cdot 8,5 = 1578,5 \text{ Гкал/год.}$$

За счет проведенных мероприятий по утеплению фасадов потери тепловой энергии снизятся на 148 Гкал/год. Это составит 9,4 % от тарифного годового показателя.

Приняв эти показатели, как усредненные, рассчитаем экономию средств и тепловой энергии, при фасадном утеплении остального жилого фонда города за один отопительный сезон.

$$\Delta Q = q \cdot S = 0,0284 \cdot 6396741 = 181667,4 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Где q – усредненный показатель экономии тепловой энергии с 1 м<sup>2</sup>.

S - общая площадь жилого фонда города, требующая фасадного утепления.

При стоимости тепловой энергии для населения 1776,43 руб/Гкал, на второй квартал 2019 года, экономия может составить:

$$\mathcal{E}_{\text{т.э.}} = \Delta Q \cdot c_{\text{т.э.}} = 181667,4 \cdot 1776,43 = 322\,719\,419 \text{ руб}$$

Этот показатель на 9,4 % уменьшит затраты тепловой энергии в рассматриваемом секторе жилого фонда и снизит платежи населения.

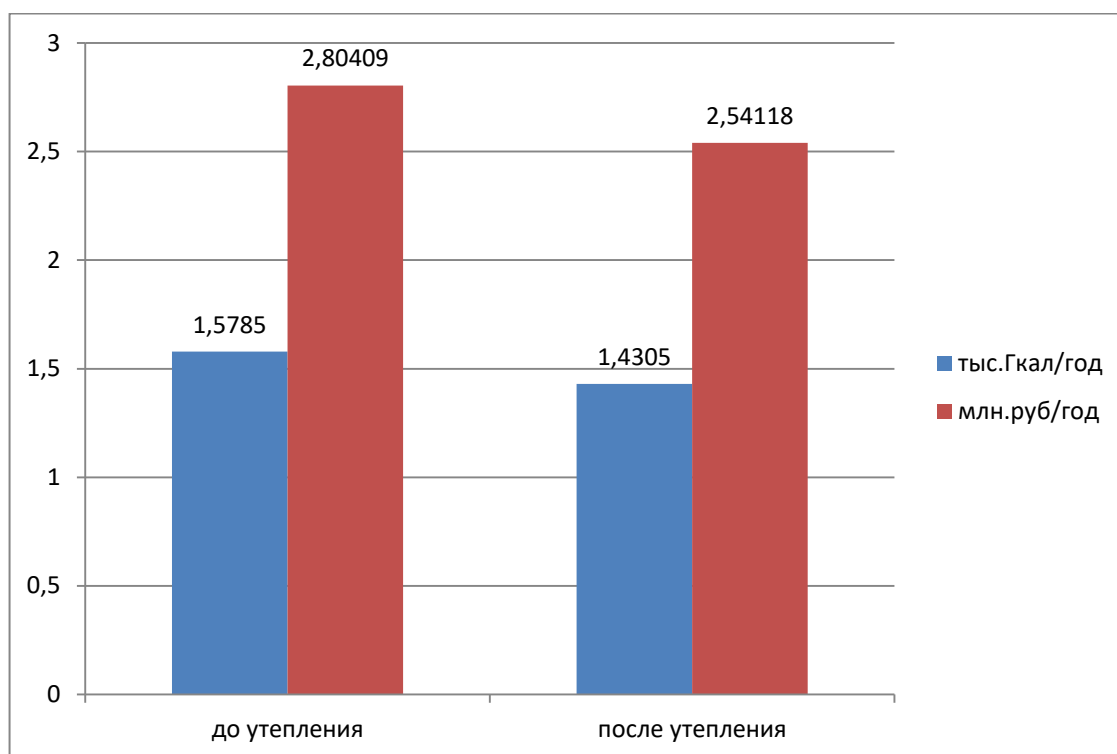


Рисунок 3.3 Затраты тепловой энергии и стоимость тепловой энергии на исследуемом доме, до и после утепления фасадо

### Выводы по третьей главе:

После утепления наружных ограждающих конструкций, фасадов кирпичного многоэтажного дома. Снижаются потери тепловой энергии на 9,4%, что приводит к экономии тепловой энергии и снижению платы за отопление квартир.

Проведя оценку жилого фонда города Сургут выяснили, что по состоянию на 2019 год требуют утепления - 1123 дома, с общим количеством

квартир - 82405, с общей площадью - 6396741 м<sup>2</sup>, что составляет по площади 69,6% от общего жилого фонда. При утеплении фасадов существующего городского жилого фонда экономический эффект составит:

$$Э_{т.э.} = 322\,719\,419 \text{ руб}$$

Что говорит о высокой эффективности внедряемых мероприятий.

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).

2. Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. Методика определения предельного срока службы здания, обеспечивающего безубыточность его термомодернизации. - Academia. Архитектура и строительство. - 2009. - № 5. - М. НИИСФ РААСН - с.357-362.

3. В.К.Савин Упрощенная модель минимизации расхода суммарной энергии, идущей на строительство и эксплуатацию зданий. // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 1. с. 80-84.

4. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Строительные материалы. 2010. № 3. с. 8-16.

5. Архипцев А. В., Игнаткин И. Ю. Автоматизированная система микроклимата с утилизацией теплоты вытяжного воздуха // Вестник НГИЭИ. 2016. № 4 (59). С. 5-14.

6. Залетин В. Как правильно выбрать систему утепления фасадов - М., 2015. - 210 с.

7. Игнаткин И. Ю., Курячий М. Г., Бондарев А. М., Пуган А. А. Технологии проектирования и строительства в различных климатических условиях // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (14). с. 237-245.

8. Строительная теплотехника. Нормы проектирования. СНиП II-A.7-62. Издательство литературы по строительству, М- 1964.с - 31.

9. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, М - 2012, с. -100.

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		54

10. Рымкевич П.П. и др. Техничко-экономическое обоснование мероприятий по утеплению ограждающих конструкций жилого дома// Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №8 (23). с. 93-115.

11. Рымкевич П.П. и др. Техничко-экономическое обоснование утепления фасадов при реновации жилых зданий первых массовых серий// Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №1 (40). с. 20-31.

12. Приказ Департамента жилищно-коммунального комплекса и энергетики ХМАО-Югры от 23.01.2018 №2-нп «О внесении изменений в приказ Департамента жилищно-коммунального комплекса и энергетики Ханты-мансийского автономного округа - Югры от 9 декабря 2013 года №26-нп «Об утверждении нормативов потребления коммунальных услуг по отоплению на территории муниципальных образований Ханты-Мансийского автономного округа - Югры».

13. Проект Государственной программы энергосбережения и повышения энергетической энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 года. - М.: Энергосвет №4. - 2009. - 14 с.

14. Реконструкция фасадов и повышение изоляционных качеств ограждающих конструкций зданий // <https://poznayka.org/s66364t1.html>.

15. Семенова Э.Е., Буданов И.А., Пискунов М.В. Анализ энергосберегающих архитектурных решений при проектировании гражданских зданий// Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем. Сборник научных труда по итогам международной научно-практической конференции. - 2016 - с.75-78.

16. Фазлиева Я. С., Ахмадеева О. А. Проблемы энергосбережения и энергоэффективности зданий в России // Молодой ученый. - 2016. -№7. - с. 1020-1022.

					АСИ-393-08.04.01-2020	Лист
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55